P 1497

inra

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

I. N. R. A.
SERVICE DE DOCUMENTATION
25 OCT 1985
CENTRE DE TOULOUSE

BTT-62

BULLETIN TECHNIQUE

N°61 SEPTEMBRE 1985

trimestriel

ISSN 0395-7519

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE

N°61 SEPTEMBRE 1985

C.R.Z.V. de Theix - 63122 CEYRAT - Tel. (73) 92.42.63

Sommaire

Implantation de la microflore dans le rumen de l'agneau conventionnel
G. FONTY et Ph. GOUET 5

L'Enquête éco-pathologique continue : 5. Dominantes pathologiques et gestion sanitaire en élevage ovin de semi-plein-air
J. BARNOUIN, M. QUECHON, B. PETIT, J.A. NICOLAS et M. BROCHART 11

Monte en liberté dans les troupeaux ouverts de juments lourdes - Bilans de reproduction observés dans les troupeaux de l'INRA de Theix et de la circonscription du Haras de Rodez
W. MARTIN-ROSSET, Hélène ROUSSET, B. FIGEAC, H. DUBROEUCQ et E. PALMER 21

Production laitière en zone de montagne : effets pluriannuels du type de ration hivernale et du niveau de complémentation
J.B. COULON, J.P. GAREL, A. HODEN, M. JOURNET et G. LIENARD 31

Composition du lait et techniques de traite chez quelques espèces domestiques
J. LABUSSIERE 49

Utilisation d'ensilages de trèfle violet ou de maïs complémentés en pulpe sèche par des jeunes bœufs Normands à l'engrais
A. MULLER, J.R. PECCATTE et D. MICOL 59

Utilisation digestive des lipides et conséquences de leur introduction sur la digestion du ruminant
D. BAUCHART, M. DOREAU et Françoise LEGAY-CARMIER 65

Sommaire des Publications 79

BULLETIN TECHNIQUE C.R.Z.V. THEIX
(21 910)

ABONNEMENT POUR L'ANNEE 1986

120,00 F T.T.C. (France)
165,00 F (Etranger)

à retourner à :

INRA - Service des Publications
Rte de St Cyr - F 78000 Versailles

Bulletin technique C.R.Z.V. Theix - 21910

1986 ABONNEMENT (4 numéros / an) France 120 F
SUBSCRIPTION (4 issues per year) Etranger
Abroad 165 F

NOM ou RAISON SOCIALE de l'organisme payeur :

Nombre d'abonnements demandés :

DESTINATAIRE (S)

Nom (Name) :

Organisme (Organization) :

Adresse (Address) : Pays :

Code postal (Zip code) :

. Fourniture éventuelle des collections des années antérieures ☐
(4 numéros par an)

Date
Signature
(ou cachet)

Paiement ci-joint ☐
Enclosed payment ☐

Règlement sur facture ☐
Invoice requested ☐

Paiement à l'ordre du Régisseur des Publications C.C.P. 9064 - 43 V Paris
Payment should be made to Régisseur des Publications.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 5-9

Implantation de la microflore dans le rumen de l'agneau conventionnel

G. FONTY et Ph. GOUET

Laboratoire de Microbiologie

Les micro-organismes du rumen (bactéries, protozoaires, champignons) dont l'action est fondamentale pour la digestion chez le ruminant ont fait l'objet de nombreux travaux depuis que Hungate a mis au point en 1950 une technique efficace de culture des bactéries anaérobies strictes (ces espèces ne peuvent se multiplier ou sont tuées par la présence d'oxygène dans le milieu). Toutefois ces travaux concernent presque exclusivement l'animal adulte et le rumen du jeune préruminant reste encore en grande partie inexploré. On ne connait pas les séquences d'implantation des différentes populations juste après la naissance, ni les espèces qui composent la microflore et la microfaune du jeune animal, ni les équilibres qui s'établissent entre ces populations. Pourtant une meilleure connaissance de tous les phénomènes qui concourent à la mise en place de l'écosystème rumen devrait aider à en comprendre le fonctionnement et peut-être également, à résoudre certains problèmes posés par le sevrage.

Ainsi la période d'apparition des bactéries cellulolytiques dont l'action est pourtant essentielle dans la digestion des parois végétales, n'a pas été recherchée. De même, le processus de la contamination du rumen est très mal connu et si la présence de colibacilles, streptocoques, lactobacilles et de quelques espèces anaérobies strictes s'explique par leur existence dans l'environnement naturel des animaux, les bactéries les plus typiques du rumen n'ont pas de réservoir connu en dehors de celui-ci. Certaines espèces peuvent être transmises d'un animal à l'autre sans contact direct (Bryant et Small, 1960), mais il n'est pas démontré qu'il en est de même pour toutes les espèces et notamment les cellulolytiques dont on connaît la sensibilité extrême à l'oxygène. On peut également se demander si une alimentation exclusivement lactée permet l'implantation et le maintien de ces dernières dans le rumen.

Les objectifs de ce travail ont été de suivre, depuis la naissance jusqu'à l'âge de 3 mois environ, la cinétique d'implantation de la microflore totale dans le rumen ainsi que celle des bactéries cellulolytiques, en relation avec la nature de l'alimentation (lactée et solide) et des contacts entre le jeune et sa mère ou d'autres ruminants.

I. Conditions expérimentales

1. Lots d'animaux et prélèvements des échantillons

Les objectifs précités ont nécessité la constitution de quatre lots d'animaux. Le premier et le second diffèrent par le régime solide ; ils serviront de témoins conventionnels puisque les agneaux restent dans leur environnement naturel. Le lot III montrera l'influence du régime solide sur l'apparition et le maintien des cellulolytiques alors que le lot IV permettra d'observer l'influence des contacts avec les adultes.

- *Le lot I* a été composé avec 24 agneaux sélectionnés dans un troupeau de 50 ayant tous moins d'un mois et vivant en compagnie de leur mère au nombre de 40. Dès la naissance ils ont disposé *ad libitum* d'un aliment concentré complet (80 p.100 de maïs + 15 p.100 de tourteau d'arachide et de soja + 5 p.100 de C.M.V.). Les échantillons de contenu de rumen nécessaires aux analyses microbiologiques ont été prélevés chez des animaux âgés de 2 jours à 18 jours. Les prélèvements ont été effectués en milieu de journée à l'aide d'une sonde œsophagienne.

- *Dans le lot II,* 6 agneaux ont été élevés en case avec leur mère (2 agneaux par mère) jusqu'à 42 jours puis ils ont été sevrés. Dès la deuxième semaine, ils ont reçu un aliment aggloméré comprenant 30 p.100 de foin de prairie naturelle, 5 p.100 de foin de luzerne, 20 p.100 de pulpes de betterave déshydratée, 15 p.100 d'orge, 4 p.100 d'avoine, 24 p.100 de tourteau d'arachide, 3 p.100 de glucose et 1 p.100 de mélasse et un complément vitaminique et minéral. Cet aliment a été distribué deux fois par jour. Les échantillons de contenu de rumen ont été prélevés avant la distribution du repas du matin, par une canule permanente du rumen, posée à l'âge de 2 jours chez 4 agneaux et par sondage œsophagien chez les deux derniers. Les analyses microbiologiques ont été effectuées depuis l'âge de 2 jours jusqu'à 100 jours.

- *Dans le lot III,* quatre agneaux ont été séparés de leur mère après la naissance puis allaités artificiellement deux fois par jour

avec du lait de vache. Ils ont été élevés en case, sur un sol de béton sans litière de manière à éviter toute consommation d'aliment solide. Durant les quatre premières semaines, ils ont été laissés en contact quelques heures par jour avec des moutons adultes eux-mêmes placés en case sans litière. Les échantillons ont été prélevés par sondage œsophagien à partir de l'âge de 7 jours jusqu'à 110 jours.

- *Dans le lot IV,* dix-huit agneaux, répartis en 3 séries de 6 animaux chacune, correspondant à 3 périodes d'agnelage différentes, ont été placés dans des cases métalliques, sans litière, dans un local non accessible à d'autres ruminants. Ils ont reçu deux fois par jour un lait de remplacement du commerce composé de 22 p.100 de matières protéiques brutes, 24 p.100 de matières grasses, 1 p.100 de matières cellulosiques, 8 p.100 de matières minérales (+ vitamines + antibiotiques). Les prélèvements de contenu de rumen ont été effectués par sondage œsophagien jusqu'à 42 jours pour 2 séries et jusqu'à 56 jours pour la troisième. Deux agneaux de cette dernière série ont ensuite été placés avec ceux du lot III mais ont continué à recevoir le lait de remplacement.

2. Analyses microbiologiques

Chez 7 agneaux du lot I et 4 du lot II, nous avons suivi l'implantation de la microflore anaérobie stricte, de la microflore anaérobie facultative et aérobie, des streptocoques, des *Escherichia coli* et des lactobacilles, et chez la totalité des animaux des deux lots nous avons étudié l'implantation des bactéries cellulolytiques. Chez les agneaux des lots III et IV, seule la microflore cellulolytique a été dénombrée.

Les dénombrements des anaérobies strictes ont tous été effectués sous stricte anaérobiose selon la méthode décrite par Hungate (1969) et ceux de la microflore aérobie et anaérobie facultative l'ont été en boîtes de Pétri.

Cent quatre-vingt-dix souches isolées essentiellement des agneaux âgés de 2 à 10 jours, à partir de plusieurs milieux de dénombrement, ont été identifiées afin de caractériser la microflore qui colonise le rumen au cours des jours qui suivent la naissance alors que cet organe n'est pas encore fonctionnel.

II. Résultats

1. Dénombrement de la microflore totale anaérobie stricte et de la microflore totale aérobie et anaérobie facultative (fig. 1 et 2)

Chez les agneaux du lot I (fig. 1) comme chez ceux du lot II (fig. 2) le rumen a été colonisé après la naissance par une population bactérienne abondante. Les nombres atteignaient en effet, dès l'âge de 2 jours, un niveau élevé proche de 10^9 bactéries par gramme de contenu de rumen. Ce nombre a augmenté légèrement au cours de la première semaine puis à nouveau lorsque les animaux ont commencé à ingérer l'aliment solide. **Dès la première semaine les agneaux hébergent donc dans leur rumen une microflore dont la concentration est aussi élevée que celle de l'adulte.**

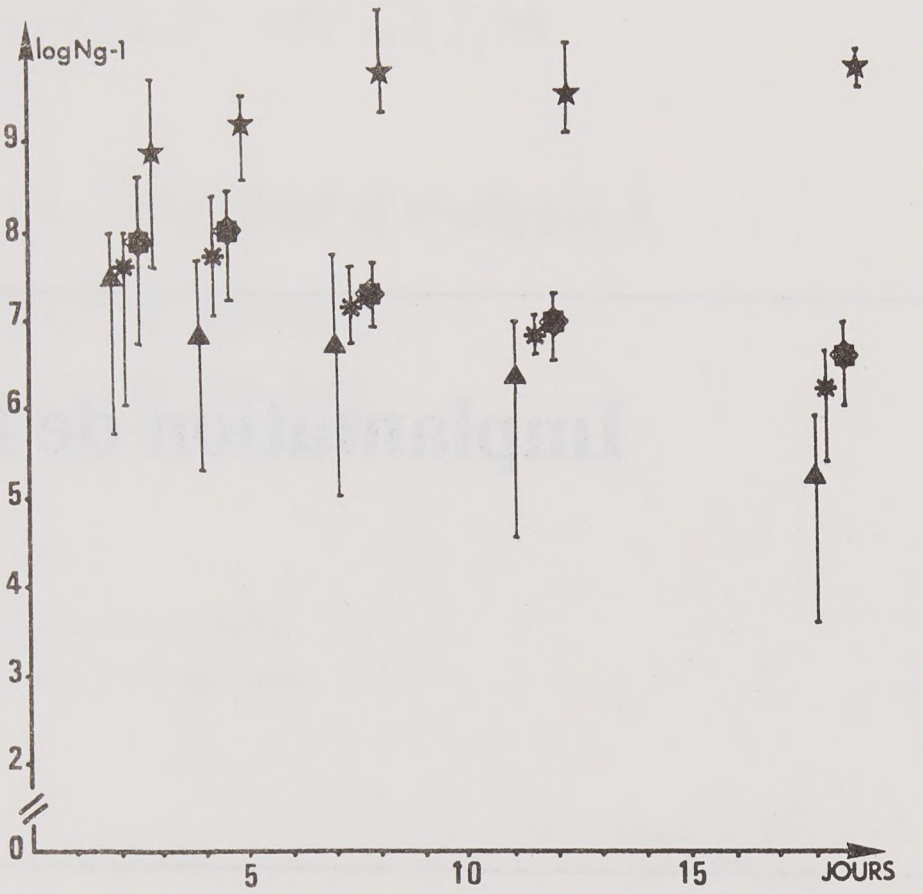


FIG. 1 : *Dénombrement de la microflore totale, anaérobie stricte (★) et anaérobie facultative (◆), des streptocoques (✱) et des* E. coli (▲) *en fonction de l'âge des agneaux du lot I.*

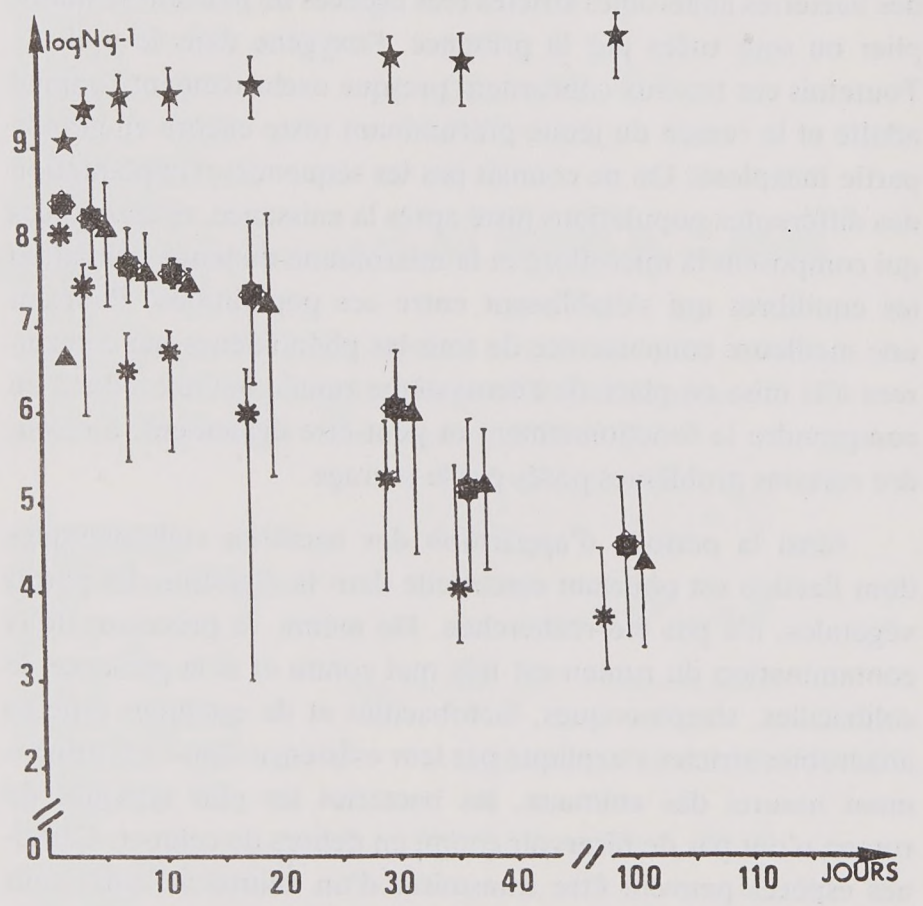


FIG. 2 : *Dénombrement de la microflore totale, anaérobie stricte (★) et anaérobie facultative (◆), des streptocoques (✱) et des* E. coli (▲) *en fonction de l'âge des agneaux du lot II.*

La microflore totale aérobie ou anaérobie facultative était au cours de la première semaine de dix à cent fois moins abondante que la microflore anaérobie stricte. Elle a diminué ensuite régulièrement avec l'âge des animaux. Composée essentiellement de *E. coli* et de streptocoques, les lactobacilles en étaient le plus souvent absents.

2. Dénombrement des bactéries cellulolytiques

Chez les agneaux du lot I (fig. 3) élevés en troupeau avec les mères, les bactéries cellulolytiques sont apparues très précocement dans le rumen. Dès l'âge de 4 jours, 19 agneaux sur les 24 étudiés en hébergeaient mais les variations individuelles étaient importantes (de 10^2 à 10^7 bactéries g^{-1}). A la fin de la première semaine, ces bactéries étaients présentes chez tous les animaux et les variations individuelles avaient diminué. Dès cet âge la population atteignait une moyenne élevée (2,4 $\times 10^7$ à 7 jours et 2,8 $\times$ 10^8 à 11 jours) proche de celle généralement dénombrée dans un rumen adulte. **L'implantation de la flore cellulolytique dans le rumen précède donc l'ingestion d'aliment solide par les animaux.**

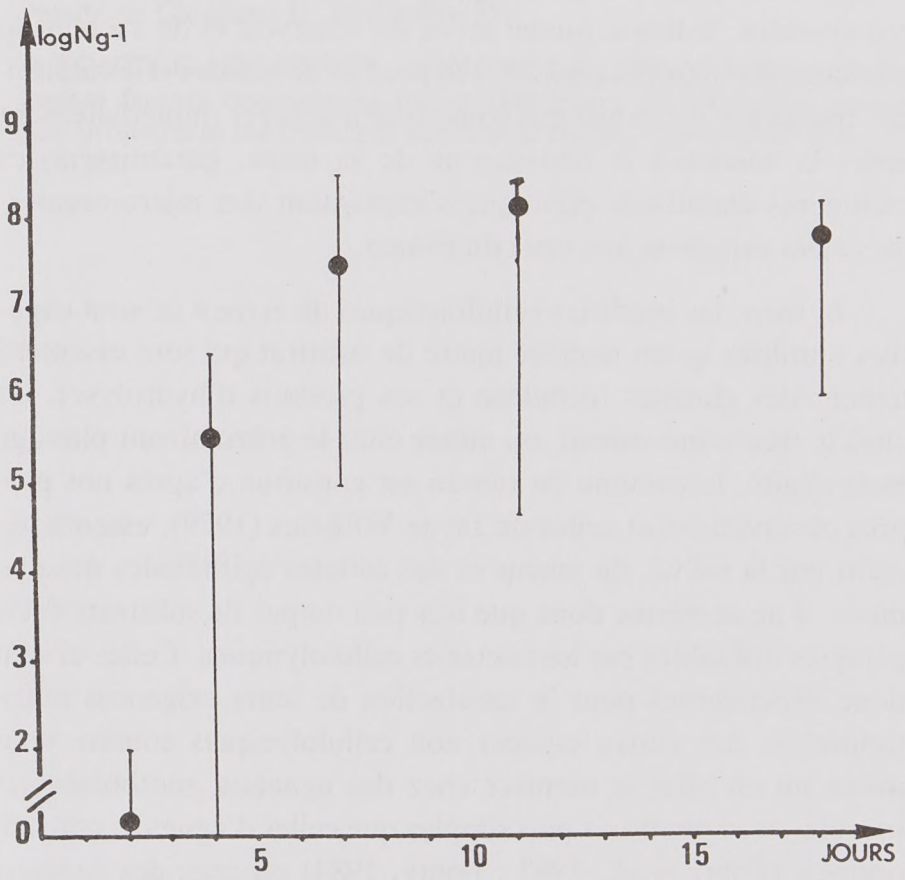


FIG. 3 : *Cinétique d'implantation des bactéries cellulolytiques dans le rumen des agneaux du lot I.*

Chez les agneaux du lot II (fig. 4) élevés également en présence des mères les bactéries cellulolytiques sont apparues comme précédemment au cours de la première semaine. Les six agneaux en hébergeaient à l'âge de 7 jours. Leur implantation a été cependant plus lente et plus progressive que chez ceux du lot I. En effet, nous n'en avons dénombré que chez un seul agneau à 4 jours et ce n'est qu'à 3 semaines que la population a atteint un niveau élevé comparable à celui des adultes. La pose de la canule à l'âge de 2 jours chez quatre de ces animaux peut expliquer l'apparition plus tardive de ces bactéries.

Chez les agneaux du lot III (fig. 5) allaités artificiellement avec du lait de vache mais ayant des contacts avec des ruminants adultes, les bactéries cellulolytiques se sont implantées vers l'âge de 10 jours à un niveau moyen (10^6 bactéries g^{-1}) qui est resté stable durant toute la durée de l'expérimentation.

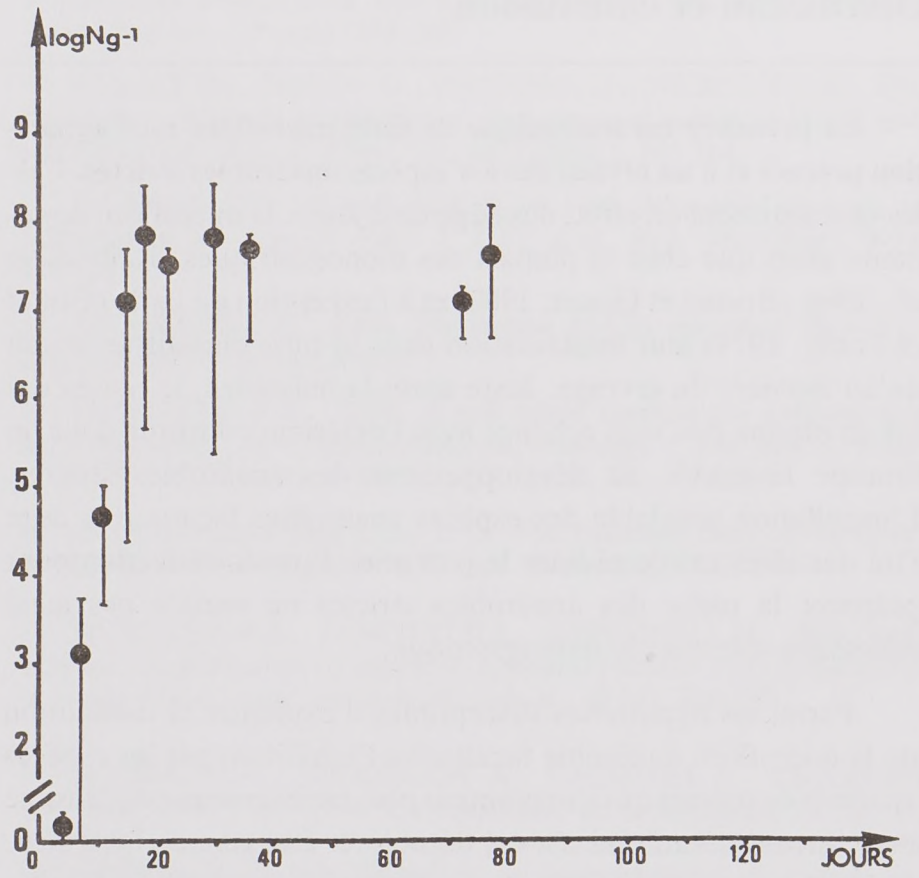


FIG. 4 : *Cinétique d'implantation des bactéries cellulolytiques dans le rumen des agneaux du lot II.*

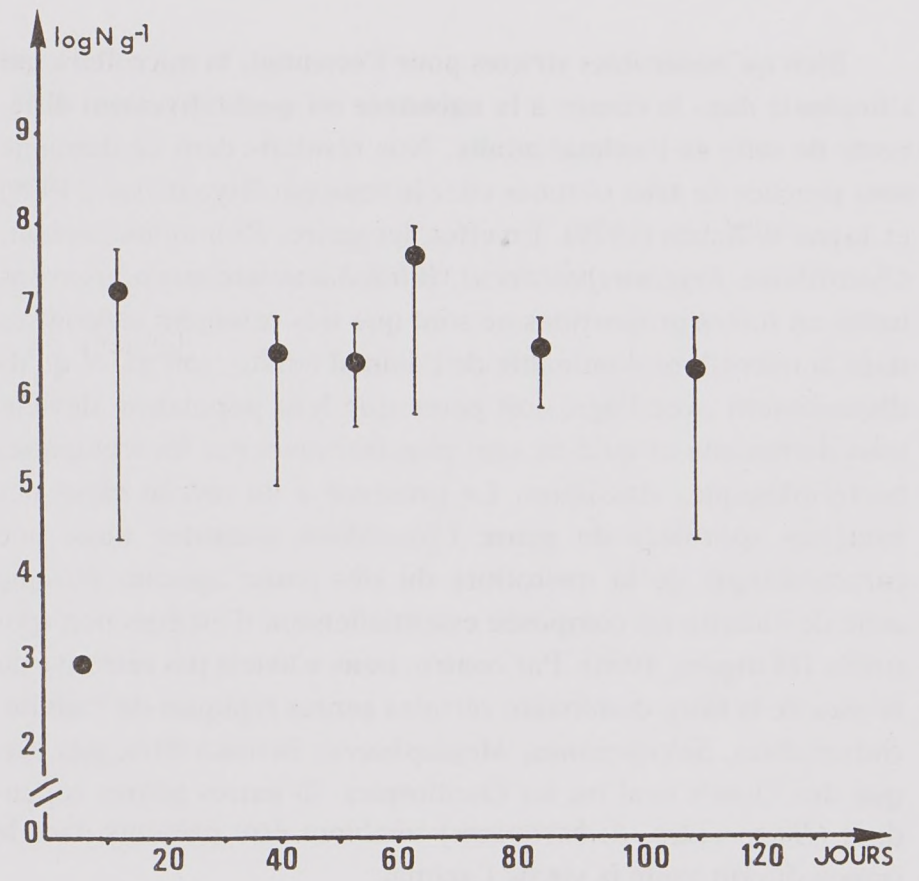


FIG. 5 : *Cinétique d'implantation des bactéries cellulolytiques dans le rumen des agneaux du lot III.*

Chez les agneaux du lot IV élevés sans contact avec d'autres ruminants il n'y a pas eu implantation des bactéries cellulolytiques. Chez les deux agneaux de ce lot qui ont ensuite été placés à 56 jours, dans le même local que ceux du lot III en contact avec d'autres agneaux, ces bactéries sont apparues dans le rumen 5 jours après le changement d'environnement (10^3 - 10^4 bactéries g^{-1}) puis leur nombre a ensuite augmenté pour atteindre 10^6 bactéries g^{-1} dix jours plus tard.

Discussion et conclusion

La première caractéristique de cette microflore est l'apparition précoce et à un niveau élevé d'espèces anaérobies strictes. Celles-ci constituent en effet, dès l'âge de 2 jours, la microflore dominante alors que chez la plupart des monogastriques (Raibaud *et al.*, 1966 ; Brunel et Gouet, 1982) et à l'exception du lapin (Gouet et Fonty, 1979) leur implantation dans le tube digestif ne se fait qu'au moment du sevrage. Juste après la naissance, le rumen qui est un organe clos sans échange avec l'extérieur constitue donc un biotope favorable au développement des anaérobies strictes. L'installation préalable des espèces anaérobies facultatives dont l'un des rôles est de réduire le potentiel d'oxydo-réduction pour préparer la niche des anaérobies strictes ne semble pas aussi nécessaire que chez le monogastrique.

Parmi les hypothèses susceptibles d'expliquer la diminution de la microflore anaérobie facultative l'inhibition par les espèces anaérobies strictes qui s'implantent plus tardivement est plausible mais aucun mécanisme n'a été démontré. La seconde hypothèse réside dans les rendements de croissance des anaérobies facultatifs qui sont deux fois plus faibles en anaérobiose que ceux des anaérobies strictes. Ainsi, sur la même quantité de substrats métabolisés elles ne peuvent croître qu'avec une efficacité réduite de moitié et sont donc rapidement dominées par les anaérobies strictes (Hobson et Wallace, 1982).

Bien qu'anaérobies strictes pour l'essentiel, la microflore qui s'implante dans le rumen à la naissance est qualitativement différente de celle de l'animal adulte. Nos résultats dans ce domaine sont proches de ceux obtenus chez le veau par Bryant *et al.* (1958) et Jayne Williams (1979). En effet, les genres *Propionibacterium, Clostridium, Peptostreptococcus, Bifidobacterium* que nous avons isolés en fortes proportions ne sont que très rarement rencontrés dans la microflore dominante de l'animal adulte, soit parce qu'ils disparaissent avec l'âge, soit parce que leur population devient sous-dominante et qu'il ne sont plus retrouvés par les techniques bactériologiques classiques. La présence à un niveau élevé des bactéries sporulées du genre *Clostridium* constitue aussi une caractéristique de la microflore du très jeune agneau, puisque celle de l'adulte est composée essentiellement d'espèces non sporulées (Hungate, 1966). Par contre, nous n'avons pas retrouvé au niveau de la flore dominante certains genres typiques de l'adulte, *Butyrivibrio, Selenomonas, Megasphaera, Succinivibrio*, pas plus que des Quin's oval ou les Oscillospira. D'autres genres cependant (*Bacteroides, Eubacterium*) semblent être présents dans le rumen durant toute la vie de l'animal.

Si la microflore du contenu du rumen du très jeune agneau que nous avons observé est différente de celle de l'adulte, elle présente par contre de grandes similitudes avec la flore qui adhère à la paroi interne du rumen. En effet, les genres *Propionibacterium* et *Eubacterium* qui constituent un fort pourcentage des souches que nous avons isolées, l'ont été aussi par Cheng *et al.* (1981), Mueller *et al.* (1984), sur la paroi interne du rumen au niveau de la quasi totalité des sites étudiés. De même, la plupart des souches de *Bacteroides* que nous avons isolées présentent des caractères communs à celles qui adhèrent à la paroi du rumen et qui ont été étudiées par Dehority et Grubb (1981).

Une autre caractéristique majeure de la microflore du rumen du très jeune agneau est sans aucun doute, l'implantation précoce et rapide des bactéries cellulolytiques, puisque dès la fin de la première semaine leur concentration est presque aussi élevée que chez les animaux adultes. Contrairement à ce qui était généralement admis, ces espèces bactériennes n'apparaissent donc pas dans le rumen au moment du sevrage mais précède la consommation d'aliment solide. Chez le veau, Bryant *et al.* (1958) avaient également signalé la présence des cellulolytiques à la fin de la première semaine mais leur étude n'avait concerné que trois animaux. La présence d'aliment solide n'est pas nécessaire à leur maintien dans le rumen puisqu'on les retrouve à un niveau relativement élevé chez les agneaux nourris exclusivement avec du lait. **Leur transmission et leur implantation sont conditionnées par les contacts étroits entre le nouveau-né et sa mère ou d'autres ruminants** puisque les agneaux du lot III élevés sans contact avec d'autres moutons sont restés dépourvus de cellulolytiques pendant toute la durée de l'expérimentation. Il est cependant possible que dans d'autres conditions expérimentales que nous n'avons pas étudiées, la litière puisse servir de réservoir et de vecteur de transmission pour ces espèces. On peut se demander si les méthodes modernes d'élevage qui consistent à séparer immédiatement après la naissance le nouveau-né de sa mère, garantissent les meilleures conditions pour que s'implantent des micro-organismes aussi exigeants que ceux du rumen.

In vitro, les bactéries cellulolytiques du rumen ne sont capables d'utiliser qu'un nombre limité de substrat qui sont essentiellement des glucides (cellulose et ses produits d'hydrolyse). Or chez le très jeune animal, ou même chez le préruminant plus âgé mais allaité, le contenu de rumen est constitué d'après nos propres observations et celles de Jayne-Williams (1979), essentiellement par la salive, du mucus et des cellules épithéliales desquamées. Il ne renferme donc que très peu ou pas de substrats énergétiques utilisables par les bactéries cellulolytiques. Celles-ci sont donc dépendantes pour la satisfaction de leurs exigences nutritionnelles, des autres espèces non cellulolytiques comme nous avons pu en effet le montrer chez des agneaux gnotobiotiques inoculés avec des flores plus simples que celles d'agneaux conventionnels (Fonty *et al.*, 1983 ; Fonty, 1984) ou chez des agneaux placés en isolateur quelques jours après la naissance (Gouet *et al.*, 1984).

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent donc le caractère original de la microflore qui colonise le rumen dès la naissance alors que celui-ci n'est pas encore fonctionnel. Ils montrent que la mise en place de l'écosystème rumen se fait dès le plus jeunes âge et que l'étude de cette période doit être approfondie.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à M. THERIEZ (laboratoire de la Production ovine), à M^elle E. COMBE et à M.D. ATTAIX (Laboratoire du Métabolisme azoté) qui nous ont fourni des agneaux et permis d'effectuer les prélèvements de contenu de rumen.

Références bibliographiques

1. BRUNEL A., GOUET Ph., 1982. Kinetics of the establishment of gastro-intestinal microflora in the conventionnal new born rat. *Ann. Microbiol.* (Inst. Pasteur), **133B,** 325-334.

2. BRYANT M.P., BURKEY L.A., 1953. Cultural methods and some characteristics of some of the more numerous group of bacteria in bovine rumen. *J. Dairy Sci.*, **36,** 205-217.

3. BRYANT M.P., SMALL N., 1960. Observations on the ruminal microorganisms of isolated and inoculated calves. *J. Dairy Sci.*, **43,** 694-707.

4. BRYANT M.P., SMALL N., BOUMA C., ROBINSON I.M., 1958. Studies on the composition of the ruminal flora and fauna of young calves. *J. Dairy Sci.*, **41,** 1747-1767.

5. CHENG K.J., IRVIN R.T., COSTERTON J.W., 1981. Autochtonous and pathogenic colonization of animal tissues by bacteria. *Can. J. Microbiol.*, **27** (5), 461-490.

6. DEHORITY B.A., GRUBB J.A., 1981. Bacterial population adherent to the epithelium on the roof of the dorsal rumen of sheep. *Appl. environ. Microbiol.*, **41** (6), 1424-1427.

7. FONTY G., 1984. *Implantation de la microflore et des protozoaires ciliés dans le rumen d'agneaux holoxéniques et néo-holoxéniques. Facteurs écologiques déterminant l'implantation de* Bacteroides succinogenes *(S85) et des protozoaires ciliés dans le rumen d'agneaux holoxéniques isolés, d'agneaux méroxéniques et d'agneaux gnotoxéniques. Evolution des principaux paramètres digestifs.* Thèse Doctorat d'Etat. Université de Clermont II. N° d'ordre 337.

8. FONTY G., GOUET Ph., JOUANY J.P., SENAUD J., 1983. Ecological factors determining the establishment of cellulolytic bacteria and protozoa in the rumen of meroxenic lambs. *J. gen. Microbiol.*, **129,** 213-223.

9. GOUET Ph., FONTY G., 1979. Changes in the digestive microflora of holoxenic rabbits from birth until adulthood. *Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys.*, **19** (3A), 553-566.

10. GOUET Ph., FONTY G., JOUANY J.P., NEBOUT J.M., 1984. Cellulolytic bacteria establishment and rumen digestion in lambs isolated after birth. *Can. J. anim. Sci.*, **64,** (suppl.), 163-164.

11. HOBSON P.N., WALLACE R.J., 1982. Microbial ecology and activities in the rumen. Part. I. *CRC Crit. Rev. Microbial.*, **9** (4), 225-252.

12. HUNGATE R.E., 1966. The rumen and its microbes. New-York and London. Academic Press.

13. HUNGATE R.E., 1969. A roll tubes method for cultivation of strict anaerobes. In *« Methods and microbiology »,* Ed. by J.R. Norris and D.W. Gibbons, New-York and London, **3B,** 117-132.

14. JAYNE-WILLIAMS D.J., 1979. The bacterial flora of the rumen of healthy and blooting calves. *J. appl. Bacteriol.*, **57,** 271-283.

15. MUELLER R.E., IANOTTI E.L., ASPLUND J.M., 1984. Isolation and identification of adherent epimural bacteria during succession in young lambs. *Appl. environ. Microbiol.*, **47** (4), 724-730.

16. RAIBAUD P., DICKINSON A., SACQUET E., CHARLIER H., MOCQUOT G., 1966. La microflore du tube digestif du rat. IV. Implantation contrôlée chez le rat gnotobiotique de différents genres microbiens isolés du tube digestif du rat conventionnel. *Ann. Inst. Pasteur,* **111,** 193-213.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 11-19

L'Enquête éco-pathologique continue :

5. Dominantes pathologiques et gestion sanitaire en élevage ovin de semi-plein-air

J. BARNOUIN*, M. QUECHON**, B. PETIT*, J.A. NICOLAS*** et M. BROCHART*
avec la collaboration technique de J.P. RAIX**

* *Laboratoire d'Eco-Pathologie*
** *Coopérative départementale agricole d'Action sanitaire de la Haute-Vienne 87100 Limoges*
*** *Laboratoire départemental de la Haute-Vienne 87000 Limoges*

Les enquêtes épidémiologiques réalisées en élevage ovin et portant sur la globalité des dominantes pathologiques sont encore peu développées en France. La première a été réalisée en 1973 par le CEFALE -Centre d'Etudes et de Formation Appliquées à l'Elevage- (FONTAINE et BOUCHARD, 1982) à l'initiative des Groupements de Producteurs Ovins du Sud-Est.

Une autre étude globale a été conduite sur des troupeaux transhumants de la région Provence-Côte d'Azur (FONTAINE, 1981), et on a réalisé également des études plus spécifiques, concernant notamment le parasitisme (BRUNET, 1981), les maladies nutritionnelles liées aux carences minérales (NICOLAS et BOURNEUF, 1981) ou le syndrôme de l'agneau mou (ENVT et UNICOR, 1983).

L'Enquête éco-pathologique continue -EEPC- conduite essentiellement en élevage bovin laitier (BARNOUIN, 1980 ; BARNOUIN et BROCHART, 1981) avait entre autres objectifs de hiérarchiser la pathologie à partir d'enregistrements en continu, pendant quatre années, de la pathologie observée. Cette hiérarchie a été publiée pour les vaches et les veaux laitiers (BARNOUIN *et al.*, 1983), ainsi que pour les vaches et les veaux de races à viande (BARNOUIN et BROCHART, 1982).

Le but de cette étude est de présenter en complément la hiérarchie observée ou mesurée dans les élevages ovins de l'EEPC situés en Haute-Vienne, ainsi que des éléments de réflexion sur les méthodes préventives utilisées et une amorce de typologie des élevages à problèmes.

Matériel et méthodes

1. Elevages - Périodes

L'étude est conduite dans sept élevages ovins du Haut-Limousin et de la Marche, observés entre janvier 1978 et juin 1982. Les informations recueillies pendant le premier semestre 1978 ne sont pas prises en compte (période de "mise en route"). L'unité d'étude est l'élevage-année. Dans les 28 élevages-année ainsi définis sur les quatre années d'étude, le nombre total d'animaux observés est de 7 077 pour les brebis, 4 953 pour les agneaux et 195 pour les béliers. Les races sont représentées par divers croisements à base de Suffolk, Southdown, Berrichon et Charmois, un seul élevage élevant une race pure (Suffolk).

2. Système de conduite

Les élevages sont conduits en semi-plein-air, avec agnelages en bergerie au printemps et en automne-hiver (période de "rat-trapage").

La synchronisation des périodes de lutte est pratiquée par tous les éleveurs, un seul pratiquant l'insémination artificielle.

En règle générale, les éleveurs différencient dans l'alimentation de base et la complémentation énergétique les brebis mères de simples et de doubles (foins de meilleure qualité, foin de luzerne, prairies temporaires pour les mères de doubles, prairies naturelles et moindre quantité de concentrés pour les mères de simples).

La complémentation énergétique est réalisée à base de céréales produites sur l'exploitation (orge, avoine, maïs) et de tourteau de soja ou d'arachide.

3. Prélèvements - Analyses

Pour chaque élevage, sur un échantillon choisi au hasard d'une dizaine de brebis, est prélevé du sang jugulaire une ou deux fois pendant chaque période hivernale (novembre et février).

Des sérums et des plasmas héparinés sont préparés dans l'élevage, les échantillons sont placés à 4°C, puis congelés à - 20°C jusqu'à analyse, entre 2 et 8 heures après le prélèvement pour les plasmas ou dès l'obtention du sérum.

Des analyses biochimiques sont pratiquées ; sont dosés des minéraux et des oligo-éléments (Ca, Mg, Cu, Zn) par spectrophotométrie d'absorption atomique, ainsi que l'albumine, le phosphore et la gamma-GT (dont les taux plasmatiques sont bien reliés à l'intensité de l'atteinte du foie par la Grande Douve) selon des méthodes colorimétriques classiques (Laboratoire départemental d'Analyses de la Haute-Vienne). Des seuils au-delà ou en-deçà desquels les valeurs sont considérées comme anormales, sont déterminés d'après DEY-HAZRA (1976), SYKES *et al.* (1980), POPOF (1979) et BLOOD et HENDERSON (1971).

Le dépistage des maladies infectieuses est réalisé par le Laboratoire départemental en utilisant pour la fièvre Q et la chlamydiose la séro-agglutination (seuils de positivité au 1/16ème et au 1/64ème respectivement), pour la salmonellose (antigènes H et O) cette même méthode avec un seuil au 1/1280ème, pour la paratuberculose la fixation du complément (seuil au 1/16ème), pour la brucellose une méthode d'agglutination rapide (Card Test) ; pour le maedi, le diagnostic est effectué par numération des globules rouges et par détermination des taux d'hémoglobine (diminution en cas d'atteinte).

Au niveau hématologique, on détermine en outre le taux d'hématocrite par mesure de la hauteur du culot d'hématies et du plasma après centrifugation.

Des analyses de sols sont également pratiquées pendant l'hiver 1978-1979 (Laboratoire des Sols, INRA - Arras) à partir de prélèvements (20 coups de sonde à l'hectare) effectués sur 4 à 6 parcelles de prairies par exploitation, choisies parce que représentatives de l'alimentation du troupeau ovin.

4. Collecte d'informations concernant l'élevage

Elle est réalisée dans le cadre de l'EEPC et selon des modalités déjà décrites (BARNOUIN, 1980). On aboutit ainsi à une visualisation des pratiques d'élevage, notamment en matière sanitaire.

Les données de pathologie et de rationnement sont collectées tous les 3 mois (somme des enregistrements des éleveurs et des vétérinaires), les pratiques de conduite étant synthétisées annuellement à l'aide d'un questionnaire réalisé après interview de l'éleveur par l'enquêteur du Groupement de Défense Sanitaire (GDS).

TABLEAU 1

Evolution des exploitations enquêtées entre 1978 - 79 et 1981 - 82 (N = 7)

CRITERE	1978-1979		1981-1982		Evolution de la moyenne (%) ou du nombre
	Moyenne ou nombre	écart-type	Moyenne ou nombre	écart-type	
- Année de naissance de l'éleveur	1938	9,7	1938	9,7	-
- Exploitations spécialisées "ovins"	5	-	3	-	- 2
- Main d'oeuvre (en personnes/année)	0,9	0,5	1	0,7	+ 10
- Adhésion à un groupement agricole (nombre)[1]	2,3	1,4	2,4	1,3	+ 4,2
- Surface Agricole Utile (SAU, en ha)	46,4	24,8	50,1	23,7	+ 7,4
- % Céréales/SAU	7,1	6	6,8	6,8	- 4,4
- % STH/SFP[2]	60,6	25,7	44,7	30,5	- 35,6
- % de terres humides/SAU	21	14,4	22,4	10,4	+ 6,25
- Morcellement (nombre de parcelles)	3,7	3,7	3,8	3,7	+ 2,6
- Effectif des brebis-mères	244	156	279	157,0	+ 12,5
- Effectif des agnelles de renouvellement	39	25	42	26	+ 7,1
- Effectif des béliers reproducteurs	6	4	7	4	+ 14,3
- Exploitations avec insémination artificielle	1	-	1	-	-

1 : Tout type de groupement (CUMA, groupement de producteurs, centre de gestion...)
2 : Surface Toujours en Herbe/Surface Fourragère Principale.

TABLEAU 2

Evolution dans les élevages de la mise en œuvre des mesures préventives générales (N = 7)

MESURE	Nombre d'élevages appliquant la mesure		Evolution du nombre d'élevages appliquant la mesure
	1978 - 1979	1981 - 1982	
- Isolement des nouveaux animaux	2	2	-
- Temps d'isolement des nouveaux animaux d'au moins 25 jours	2	1	- 1
- Précautions spéciales lors des achats d'animaux	2	2	-
- Agnelles de renouvellement provenant exclusivement de l'élevage	5	6	+ 1
- Isolement d'animaux malades	3	3	-
- Désinfection bergerie	1	4	+ 3
- Désinsectisation bergerie	2	3	+ 1
- Dératisation bergerie	4	7	+ 3
- Désinfection cordon ombilical des agneaux	3	4	+ 1
- Distribution vitamines AD_3E aux brebis	2	6	+ 4
- Temps spécial de surveillance - au moins 2 fois/jour -	5	5	-
- Pas de cohabitation avec autre espèce au pré	7	7	-
- Pas de cohabitation avec autre espèce en bergerie	7	6	- 1

TABLEAU 3

Evolution des traitements préventifs pratiqués sur les brebis et les agneaux durant la période d'enquête

TRAITEMENT	Pourcentage de l'effectif avec traitement			
	1978-1979		1981-1982	
	Brebis	Agneaux	Brebis	Agneaux
Effectif	1711	1253	1860	1447
Déparasitage externe	-	-	4,4	2,7
Déparasitage interne				
⩽ 2 fois/an	4,0	4,1	48,2	38,6
3 ou 4 fois/an	37,1	37,2	6,4	19,7
> 4 fois/an	58,9	58,7	45,4	41,7
Parage des onglons				
1 fois/an	4,0	-	32,8	-
> 1 fois/an	-	-	11,3	-
Vaccinations				
Entérotoxémie	77,4	14,6	51,8	16,8
Pasteurellose	38,7	29,7	-	-
Rickettsiose	-	-	28,3	-
Salmonellose	-	-	45,4	-
Echtyma	-	-	17,7	-
Piétin	4,0	-	-	-
Septicémie	-	-	-	26,0

Résultats

1. Les élevages et leur évolution

L'évolution des élevages est étudiée à partir des données recueillies la première et la dernière année d'enquête (1978-1979 et 1981-1982).

La typologie générale des exploitations (tabl.1) indique que les ateliers spécialisés ovins ont diminué au profit d'ateliers mixtes, ovins-bovins ou ovins-caprins. La venue d'une autre espèce ainsi que l'augmentation du cheptel ovin ont entraîné l'acquisition de nouvelles surfaces, ainsi qu'une intensification fourragère (le rapport STH / SFP diminue de 35,6 p.100) et une augmentation de la main-d'œuvre.

Les mesures préventives générales évoluent positivement entre la première et la dernière année d'observation (tabl.2). Il faut préciser à ce sujet que les enquêteurs du GDS ont régulièrement apporté un conseil en matière sanitaire au cours de leurs passages trimestriels. La situation de départ, plus représentative des conditions normales dans ce type d'élevage, indique que les mesures de prévention les plus courantes (isolements, désinfections, apports vitaminiques) sont peu appliquées.

L'évolution des traitements préventifs (tabl.3), effectués sur les brebis et les agneaux, indique une diminution de la fréquence des traitements antiparasitaires internes, une augmentation des pratiques de parage des onglons, ainsi qu'une tendance globale à un recours plus important aux vaccinations, notamment contre la salmonellose et la septicémie.

On peut remarquer que le passage au pédiluve n'a pas été retenu dans le cadre des mesures préventives : celui-ci correspond en effet essentiellement à un traitement curatif, pratiqué d'ailleurs de manière quasi généralisée au vu de l'importance de la pathologie podale dans les troupeaux (cf ci-après).

2. La hiérarchie des pathologies observées

Chez la brebis (tabl.4) la pathologie podale représente à elle seule 42,9 p.100 des cas de pathologie observés, les troubles digestifs en représentant 17,9 p.100.

Le taux de mortalité global (2,2 p.100) correspond à des causes très diverses, dont 36,4 p.100 sont toutefois d'origine "accidentelle" (accidents divers et brebis retrouvées mortes sur le dos).

Chez l'agneau (tabl.5) la mortinatalité, qui représente 2/3 des causes de mortalité, est le phénomène dominant, la gravité des affections étant importante (51,5 p.100 des agneaux malades meurent, contre 15,3 p.100 des brebis).

La pathologie d'origine accidentelle entraîne 58,7 p.100 des mortalités de l'agneau (mortinatalité non comprise -dont on peut penser qu'une part est également à imputer à des accidents-).

Quant aux béliers (tabl.6), leur taux de mortalité (2,6 p.100) est du même ordre que celui des brebis, son origine essentielle étant les luttes entre animaux.

TABLEAU 4

Hiérarchies pathologiques observées chez la brebis (N = 7 077)

PATHOLOGIE	Fréquence moyenne sur 12 mois (% par rapport à l'effectif)	
	Morbidité	Mortalité
Pathologie podale	6,0	< 0,1
Troubles digestifs	2,5	0,2
Parasitisme interne	1,6	0,3
Avortement	0,9	-
Troubles de l'état général	0,5	0,1
Pathologie mammaire	0,4	< 0,1
Renversements (anus - vagin - utérus)	0,3	0,2
Accidents (sauf brebis sur le dos)	0,3	0,3
Pathologie respiratoire	0,2	< 0,1
Echtyma	0,2	-
Entérotoxémie	0,2	0,2
Maladies métaboliques	0,2	0,1
Pathologie de la reproduction (sauf avortement)	0,2	0,2
Brebis retrouvée sur le dos	0,5	0,5
Toutes pathologies	14,0	2,2

TABLEAU 5

Hiérarchies pathologiques observées chez l'agneau (N = 4 953)

PATHOLOGIE	Fréquence moyenne sur 12 mois (% par rapport à l'effectif)	
	Morbidité	Mortalité
Indéterminée (causes de mortinatalité)	9,2	9,2
Troubles de l'état général	5,4	0,5
Echtyma	4,0	-
Accidents	2,7	2,7
Parasitisme interne	1,5	1,0
Pathologie respiratoire	1,3	< 0,1
Pathologie podale	1,2	< 0,1
Coccidiose	0,8	< 0,1
Troubles digestifs (sauf coccidiose)	0,4	0,3
Pathologie articulaire	0,2	< 0,1
Maladies métaboliques	0,1	0,1
Toutes pathologies	26,8	13,8

TABLEAU 6

Hiérarchies pathologiques observées chez le bélier (N = 195)

PATHOLOGIE	Fréquence moyenne sur 12 mois (% par rapport à l'effectif)	
	Morbidité	Mortalité
Accidents	2,6	2,1
Pathologie podale	2,1	0,5
Urolithiase	0,5	-
Troubles digestifs	0,5	-
Echtyma	0,5	-
Troubles de l'état général	0,5	-
Toutes pathologies	6,7	2,6

3. Les déviations biochimiques et les réactions sérologiques

Pour apprécier "la situation de départ" avant conseils des enquêteurs, sont d'abord calculées les valeurs des paramètres biochimiques mesurées lors des deux premières séries de prélèvement (novembre 1978 et février 1979) en utilisant des valeurs-seuils (tabl.7).

Par rapport aux seuils, les oligo-éléments présentent les fréquences de déviation les plus élevées dans le sens de faibles teneurs plasmatiques (41 p.100 des brebis ont des zincémies correspondant à une carence ou à une sub-carence, et 24,6 p.100 des cuprémies anormalement basses).

Les états inflammatoires semblent assez peu fréquents au vu de la faible proportion de cuprémies supérieures à 120µg / 100ml, et il en est de même pour les atteintes hépatiques (12,4 p.100 de gamma-GT élevées seulement).

Les minéraux et l'albumine (en tant que témoin de la nutrition azotée de la période précédant le prélèvement) présentent des déviations peu fréquentes.

Les déviations biochimiques considérées comme anormales voient leurs fréquences diminuer globalement pour les deux dernières séries de prélèvements par rapport aux deux premières.

Seules les cuprémies élevées ont une évolution inverse qui est significative, leur fréquence passant de 5,2 à 12,9 p.100 ($P<0,05$), sans doute à relier à l'augmentation générale des cuprémies suite aux préventions mises en œuvre après conseils des enquêteurs. Quant aux taux d'hématocrite, ils sont variables selon les périodes, toujours plus élevés en début qu'en fin d'hiver ($40,1 \pm 3,3$ v.s, $37,3 \pm 3,5$; $P<0,001$), tout en tendant à augmenter d'une année à l'autre, mais ceci pour les seules séries de fin d'hiver ($36,8 \pm 3,2 \longrightarrow 36,9 \pm 3,6 \longrightarrow 37,3 \pm 2,7 \longrightarrow 38,2 \pm 3,7$.

Les différences de déviations biochimiques "anormales" entre le début et la fin de l'hiver observées lors de la première année d'enquête sont présentées par le tableau 8 : on constate que seules les cuprémies et les zincémies faibles différencient les 2 périodes, les états carentiels en oligo-éléments apparaissant plus fréquents en fin d'hiver.

Pour les dépistages sérologiques et hématologiques de maladies infectieuses, le tableau 9 montre, quelle que soit la maladie, des fréquences de positivités sérologiques faibles : seule la salmonellose (antigène d'origine flagellaire) correspond à un taux de brebis positives supérieur à 5 p. 100. Mais, au vu de l'évolution rapide des maladies infectieuses en élevage ovin, de tels résultats sont susceptibles d'avoir fortement varié depuis la fin de l'observation : un suivi sérologique régional permanent serait donc sans doute à instituer pour les principales maladies infectieuses des moutons.

TABLEAU 7

Les déviations des paramètres biochimiques plasmatiques observées chez les brebis
(moyennes des deux premières et des deux dernières séries de déterminations)

Paramètre plasmatique	Valeur	Premières séries		Dernières séries	
		Nombre de résultats ayant la valeur	Fréquence de résultats ayant la valeur (%)	Nombre de résultats ayant la valeur	Fréquence de résultats ayant la valeur (%)
Calcium (mg/100 ml)	< 8	20	14,5	1	0,7
Phosphore (mg/100 ml)	< 3	-	-	6	4,0
Magnésium (mg/100 ml)	< 1,5	18	13,0	2	1,4
Cuivre (µ g/100 ml)	< 70	33	24,6	6	4,0
" "	> 120	7	5,2	19	12,9
Zinc (µ g/100 ml)	< 70	55	41,0	5	3,4
Albumine (g/l)	< 25	18	13,0	-	-
gamma-GT (U/l)	> 45	22	12,4	14	8,9

TABLEAU 8

Les déviations des paramètres biochimiques constatées chez les brebis : différences entre le début et la fin de la période hivernale (année 1978-79)

Paramètre plasmatique	Valeur	Début d'hiver		Fin d'hiver		Signification statistique
		Nombre de résultats ayant la valeur	Fréquence de résultats ayant la valeur (%)	Nombre de résultats ayant la valeur	Fréquence de résultats ayant la valeur (%)	
Calcium (mg/100 ml)	< 8	14	21,2	6	8,3	n.s
Phosphore (mg/100 ml)	< 3	-	-	-	-	...
Magnésium (mg/100 ml)	< 1,5	6	9,0	12	16,7	n.s
Cuivre (µg/100 ml)	< 70	11	17,7	22	30,5	P < 0,05
" "	> 120	5	8,0	2	2,8	...
Zinc (µg/100 ml)	< 70	10	16,0	45	62,5	P < 0,001
Albumine (g/l)	< 25	8	12,1	10	13,9	n.s
gamma-GT (U/l)	> 45	12	10,4	10	15,9	n.s

TABLEAU 9

Fréquences des positivités sérologiques sur les brebis (toutes périodes de prélèvement)

Maladie	Nombre de déterminations	Fréquence de sérologies positives (%)
Brucellose	156	0,6
Chlamydiose	75	1,3
Fièvre Q	128	-
Maedi	75	-
Paratuberculose	218	-
Salmonellose - Antigène H -	218	6,4
Salmonellose - Antigène O -	218	4,1

4. Les analyses de sols

Ces analyses révèlent que les sols des exploitations sont sablo-limoneux ou sablo-argileux. Les taux de matières organiques et les rapports carbone / azote ne permettent de déceler aucune anomalie importante. Les teneurs en potasse, acide phosphorique et calcium sont en revanche généralement faibles. La richesse des sols en magnésium diffère selon les exploitations (3 présentent des taux bas, et 4 des taux élevés). Le pH "eau" moyen est acide, et il varie selon les cas de 5,3 à 5,8. Quant aux oligo-éléments échangeables, les sols insuffisants en cuivre et / ou en zinc (< 1,3 ppm, seuil défini par le laboratoire INRA des Sols-Arras) représentent 37,5 p.100 des 32 sols analysés et 52,6 p.100 des sols correspondant à un sous-sol granitique. Pour le manganèse, 6,2 p.100 des parcelles analysées seulement peuvent être considérées comme déficitaires (10,5 p.100 sur roches-mères granitiques).

5. Les groupes d'élevage à faibles et à fortes mortalités

A partir du taux de mortalité, critère appréciable avec une bonne précision, on a constitué des groupes d'élevages à taux annuels moyens "faibles" et "forts", ceci d'une part pour les brebis (groupes MB− et MB+) et de l'autre pour les agneaux (groupes MA− et MA+). Dans le groupe MB+ (élevages à taux > 2 p.100), le taux de mortalité moyen était de 9 p.100 et seulement de 1 p.100 dans le groupe MB−. Dans le groupe MA+ (élevages à taux > 15 p.100), le taux de mortalité moyen était de 24,1 p.100 et seulement de 9,2 p.100 dans le groupe MA−.

On a comparé les groupes face aux variables d'analyses (biochimie, hématologie, sérologie, sols), seules les variables différenciant les groupes étant présentées dans le tableau 10 ; l'hématocrite est plus faible dans les groupes MB+ et MA+, les cuprémies et zincémies plus fréquemment basses dans les élevages MA+, et les teneurs élevées en gamma-GT plus fréquentes dans les groupes MA+ et MB−.

Au niveau des sols, on peut signaler , en complément des données biochimiques, que pour les parcelles du groupe MA+, 5 sur 13 ont des teneurs en cuivre inférieures à 1,3 ppm (soit 38 p.100) contre 4 sur 19 (soit 21 p.100) pour le groupe MA−. Pour le zinc, 23 p.100 des parcelles sont faiblement pourvues dans le groupe MA+, contre 11 p.100 dans le groupe MA−. Dans le même sens, 47 p.100 des parcelles du groupe MB+ sont carencées en cuivre, contre 6 p.100 de celles du groupe MB−, alors que 13 p.100 le sont en zinc dans le groupe MB+, contre 15 p.100 dans le groupe MB−.

Les sols peu pourvus en oligo-éléments apparaissent donc plutôt caractéristiques des groupes d'élevages à fortes mortalités.

TABLEAU 10

Paramètres d'analyses différenciant les animaux (brebis, agneaux) des élevages à faibles et à fortes mortalités
(toutes périodes de prélèvement)

Paramètre	Animaux des élevages à faibles mortalités (M^-)		Animaux des élevages à fortes mortalités (M^+)	
	Brebis	Agneaux	Brebis	Agneaux
Hématocrite (%)	39,9 ± 2,1[a] (312)	39,0 ± 3,0 (284)	37,2 ± 2,3*** (212)	38,4 ± 2,2* (240)
Cuivre et zinc plasmatiques < 70 µg/100 ml (% du nombre total de déterminations)	17,2 (367)	13,5 (370)	15,3 (268)	20,4* (265)
gamma-GT > 45 U/l (% du nombre total de déterminations)	15,7 (172)	7,1 (184)	6,7* (149)	17,5** (137)

a : Moyenne ± écart type (*nombre de données*)
* : P < 0,05
** : P < 0,01
*** : P < 0,001

NB : Les différences sont testées entre les groupes M^- et M^+, pour chaque catégorie animale.

Discussion

L'étude de la typologie des exploitations montre des structures en évolution, dans lesquelles de nombreuses règles préventives de base ne sont pourtant pas appliquées, la progression constatée en la matière étant à mettre au compte des conseils réguliers donnés par les enquêteurs. Ces conseils, touchant en particulier au rationnement, expliquent sans doute par ailleurs la normalisation des paramètres biochimiques en fin d'enquête, ainsi que l'évolution de la mise en œuvre de certains traitements préventifs : moins de déparasitages internes (cette dominante pathologique du Limousin a en effet tendance à entraîner une inflation de traitements, non raisonnés par rapport à l'écologie des parasites et à l'immunité acquise par les animaux), accent mis sur le parage préventif des onglons et sur la vaccination contre la septicémie des agneaux. Quant à l'évolution des autres pratiques vaccinales, elle est en relation avec l'évolution annuelle des risques, la progression importante (0 à 45 p.100) de la part des brebis vaccinées contre la salmonellose étant par exemple à relier à l'accroissement des risques liés à cette maladie pendant la période d'étude.

Le taux annuel moyen de mortalité des brebis apparaît plus élevé que celui des vaches (1 p.100 dans l'EEPC d'après BARNOUIN *et al.*, 1983) mais moins que celui observé dans une étude CEMAGREF (1982) effectuée dans le Limousin (5 p.100).

Le taux de mortalité moyen des agneaux est également supérieur à celui des veaux (8,7 p.100 d'après BARNOUIN *et al.*, 1983), tout en étant comparable à celui observé sur des élevages ovins du Limousin à la même époque à partir d'autres sources (11 p.100 -EDE de Haute-Vienne, Creuse et Corrèze- 1984 ; 14 p.100 -CEMAGREF- 1982).

L'importance chez les agneaux de la mortinatalité (9,2 p.100 vs 5,3 p.100 chez les veaux) et des causes accidentelles de mortalité (2,7 p.100 vs 0,3 p.100 chez les veaux) explique la différence "en faveur" des agneaux ; quant aux brebis, les problèmes accidentels ou liés à la surveillance occasionnent chez elles une mortalité annuelle de 0,8 p.100 (<0,1 p.100 chez la vache) qui explique en grande partie la "surmortalité" de la brebis par rapport à la vache : une meilleure surveillance des animaux apparaît donc comme l'une des voies importantes d'amélioration des problèmes sanitaires dans les élevages ovins enquêtés.

Le manque relatif de surveillance peut expliquer également en partie la morbidité importante due à la pathologie podale chez la brebis, la découverte précoce des cas étant liée à une guérison rapide ; chez les béliers, à l'inverse, la faible morbidité, en particulier due à la pathologie podale, est sans doute expliquée par une bonne surveillance, amenuisant les séquelles et les risques de contagion.

Les paramètres d'analyses mettent surtout en évidence deux facteurs pathogènes, les états sub-carentiels en oligo-éléments et le parasitisme hépatique, caractéristiques des troupeaux à mortalités d'agneaux fréquentes. Les déficiences en cuivre et en zinc apparaissant plus fréquentes en période d'alimentation hivernale : des analyses d'oligo-éléments dans les foins semblent à effectuer régulièrement (LAMAND et BELLANGER, 1979) dans les élevages, afin d'évaluer les correctifs à apporter - au moindre coût - aux niveaux des sols, des plantes et des animaux (BARNOUIN, 1976), pour satisfaire les besoins nutritionnels des brebis et des agneaux. Même si un seuil de suspicion est difficile à définir dans le sol, les faibles teneurs en cuivre et en zinc assimilables mesurées sur les parcelles de prairie vont dans le sens de faibles apports alimentaires en ces éléments ; le pH relativement acide des sols est de plus assez défavorable à l'assimilation du cuivre par les plantes, de nombreux facteurs étant cependant en jeu dans les transferts sol/plante, notamment au niveau du cuivre (AUZA, 1983).

Les taux d'hématocrite, plus faibles dans les groupes d'élevages à fortes mortalités (brebis et agneaux), vont dans le même sens et permettent de soupçonner une association éventuelle des

déficits en cuivre-zinc avec des déficits en cobalt, qui avaient déjà été suspectés par BARNOUIN et BROCHART (1982) sur des troupeaux de vaches allaitantes Limousines, et qui induisent une baisse de l'hématocrite.

Sur ces troupeaux allaitants haut-viennois, des analyses de foins avaient d'ailleurs révélé que 1/4 des foins seulement avait une teneur en cobalt suffisante (0,10 ppm et plus).

Le parasitisme hépatique des brebis, évalué par le taux de gamma-GT, semble un facteur supplémentaire à prendre en compte pour expliquer les mortalités d'agneaux, en complément des déficits nutritionnels des mères. Mais l'amélioration de la qualité et de la quantité des apports alimentaires passe également à l'évidence par des pratiques de fertilisation adaptées aux nombreux défauts constatés dans les sols des prairies analysées, et qui concernent la potasse, l'acide phosphorique, la magnésie et la chaux.

Si l'étude fait ressortir des facteurs expliquant vraisemblablement la mortalité des agneaux, elle n'indique, au niveau de la mortalité des brebis, que le seul facteur surveillance, et éventuellement un facteur nutritionnel, soit les déficits en cobalt via les faibles taux d'hématocrite. Mais le faible taux de mortalité moyen chez la brebis hors causes accidentelles (1,4 p.100) doit expliquer la difficulté de définir statistiquement des "facteurs de risque" (BARNOUIN *et al.*, 1984) étant donné la faiblesse relative des effectifs étudiés (BENET, 1982).

Conclusions

L'EEPC en élevage ovin a permis d'effectuer une typologie sanitaire d'élevages ovins de semi-plein-air, en hiérarchisant la pathologie observée et mesurée, en décrivant les pratiques préventives et en tentant d'isoler des facteurs de risque.

Suite à cette enquête, le Groupement de Défense sanitaire de la Haute-Vienne vient de mettre en place des postes-observatoires en élevage ovin ; cette méthode qui permettra de suivre en continu l'évolution des risques et de les préciser, en complément d'autres sources de données épidémiologiques, l'abattoir (PELZER, 1985) et les méthodes d'avertissements parasitaires (PELZER, 1984).

Quoiqu'il en soit, des voies importantes d'amélioration de l'état sanitaire des cheptels ovins enquêtés ont été mises en lumière :

- l'amélioration de la fertilisation des prairies,
- la correction des déficits nutritionnels en oligo-éléments -cuivre, zinc, cobalt- après bien entendu avoir étudié l'équilibre d'ensemble de la ration,
- le suivi et la prévention du risque parasitaire lié en particulier à la Grande Douve,
- la prise en compte par les éleveurs d'un ensemble de pratiques préventives de base (parage des onglons, apports en vitamines AD_3E, isolements, désinfections...),
- une surveillance accrue des animaux, qui pose à l'évidence le problème de la main-d'œuvre disponible et des structures d'exploitation, et donc du revenu.

REMERCIEMENTS

Les éleveurs et leurs vétérinaires, le personnel du GDS de la Haute-Vienne et du Laboratoire départemental ont apporté des contributions décisives à la mise en œuvre de ce travail : qu'ils en soient ici vivement remerciés.

Références bibliographiques

AUZA N., 1983. Le cuivre chez les ruminants : une revue. *Ann. Rech. vet.*, **14,** 21-37.

BARNOUIN J., 1976. Les carences et les déséquilibres en oligo-éléments chez les bovins. Etude CEREOPA, 16 rue Claude Bernard 75005 Paris, 75 p.

BARNOUIN J., 1980. Enquête éco-pathologique continue en Elevages-Observatoires chez les ruminants : objectifs et stratégie. *Ann. Rech. vet.*, **11,** 341-350.

BARNOUIN J., BROCHART M., 1981. L'enquête éco-pathologique continue. 1. Une nouvelle méthode de travail chez les ruminants. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **54,** 11-14.

BARNOUIN J., BROCHART M., 1982. Hiérarchie des problèmes pathologiques rencontrés sur des vaches allaitantes limousines. *Bull. GTV,* 82-5-B245, 3-10.

BARNOUIN J., FAYET J.C., BROCHART M., BOUVIER A., PACCARD P., 1983. Enquête éco-pathologique continue. 1. Hiérarchie de la pathologie observée en élevage bovin laitier. *Ann. Rech. vet.*, **14,** 243-249.

BARNOUIN J., PACCARD P., FAYET J.C., BROCHART M., 1984. L'Enquête éco-pathologique continue. 3. Mise en évidence de facteurs de risque de l'infertilité en élevage bovin laitier. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **56,** 51-57.

BENET J.J., 1982. Choix des populations étudiées. *Bull. Assoc. Epidem. Mal. Anim.*, **1,** 13-27.

BLOOD D.C., HENDERSON S.A., 1971. *Médecine vétérinaire.* Ed. Vigot Frères, Paris, 1 017 p.

BRUNET J., 1981. Etude du parasitisme ovin et caprin dans un département du Sud-Est. Proposition pour une méthodologie d'avertissement. In : *Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants.* Ed. INRA, Publications, route de St. Cyr 78000 Versailles, 51-62.

DEY-HAZRA A., 1976. Minerals toffgehalt und Enzymaktivitat des *Cysticercus tenuicollis* bei Schaf und Schwein. *Zbl. Med. Assoc.*, **23,** 255.

FONTAINE M., 1981. Transhumance et pathologie ovine. In : *Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants.* Ed. INRA Publications, route de St Cyr 78000 Versailles, 75-87.

FONTAINE M., BOUCHARD N., 1982. Le choix des populations étudiées en épidémiologie des maladies du mouton. *Bull. Assoc. Epidem. Mal. Anim.* **1,** 36-39.

LAMAND M., BELLANGER J., 1979. Stratégie du dosage des oligo-éléments dans les fourrages et les aliments composés. Interprétation des résultats. In : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants.* Ed. INRA Publications, route de St Cyr 78000 Versailles, 203-212.

NICOLAS J.A., BOURNEUF C., 1981. Milieu et pathologie ovine en région herbagère. In : *Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants.* Ed. INRA Publications, route de St Cyr 78000 Versailles, 143-145.

PELZER P., 1984. Le risque calculé : l'avertissement parasitologique. *Pâtre,* **316,** 18-21.

PELZER P., 1985. Abattoir, source d'informations sanitaires. *Pâtre,* **323,** 29-33.

POPOF M., 1979. Intérêt des examens biochimiques urinaires et sanguins en pathologie ovine : 1ère partie : méthodes. *Point vet.,* **9,** 42-45.

SYKES A.R., COOP R.L., ROBINSON M.G. 1980 Chronic subclinical ovine fasciolasis : plasma glutamate dehydrogenase, gamma-glutamyl transpeptidase and their significance. as diagnostic aids. *Res. Vet. Sci.,* **28,** 71-75.

Etude CEMAGREF, 1982. Comparaison économique d'exploitations spécialisées ovines et d'exploitations associant bovins et ovins -en collaboration avec l'INRA et la Chambre d'Agriculture de la Haute-Vienne- , 78 p.

Etude EDE, 1984. Eleveurs et élevages ovins en Limousin : une typologie des exploitations. EDE de Haute-Vienne, EDE de Corrèze, EDE-FDO de Creuse, 64 p.

Etude ENVT-UNICOR, 1983. Enquête épidémiologique : le syndrôme agneaux mous. BPA, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 58 p.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 21-30

Monte en liberté dans les troupeaux ouverts de juments lourdes

Bilans de reproduction observés dans les troupeaux de l'INRA de Theix et de la circonscription du Haras de Rodez (1)

W. MARTIN-ROSSET*, Hélène ROUSSET*(2), B. FIGEAC**, H. DUBROEUCQ* et E. PALMER***
avec la collaboration de R. VIALLARET**, F. FISCHER**

** INRA-CRZV Theix, Station des Productions bovines et chevalines 63122 Ceyrat*

*** Haras national de Rodez, 12000 Rodez*

**** INRA-CRZV Nouzilly, Station de Physiologie de la Reproduction 37380 Monnaie*

Introduction

59 p.100 des juments saillies en France en 1982 ont donné naissance à un poulain (Sire, Institut du Cheval, 1984). Pourtant, les systèmes de reproduction qui s'appuient sur un suivi quotidien des juments permettent de faire pouliner plus de 75 p.100 des femelles saillies, qu'il s'agisse de juments de sang saillies en main (JULIENNE et PALMER, 1984) ou de juments lourdes saillies en liberté (LIENARD et MARTIN-ROSSET, 1984).

La monte en liberté dans les troupeaux de juments lourdes est pratiquée depuis de nombreuses années dans les régions extensives des Pyrénées et du Massif central. Elle est simple et permet de diminuer notablement les frais de main d'œuvre d'une production (poulains de boucherie) qui n'est en général qu'un revenu complémentaire de l'exploitation (ROSSIER, 1984). Cette forme de monte peut être pratiquée en troupeaux fermés, c'est-à-dire constitués en début de saison, lorsque l'éleveur possède un nombre de juments suffisant pour justifier l'achat d'un étalon. Mais, dans la plupart des cas, les éleveurs ne possédant que quelques juments s'associent pour acheter un étalon ou le louer aux Haras nationaux. Ils regroupent alors temporairement leurs juments autour de l'étalon, au cours de la saison de monte, dans un troupeau dit « ouvert ». Les taux de fertilité observés sont très variables et souvent peu supérieurs à ceux obtenus avec la monte en main traditionnelle car la gestion de la reproduction de tels troupeaux est délicate. Parallèlement, les Haras nationaux offrent depuis 1975 aux éleveurs de la circonscription de Rodez sous l'impulsion de M.L. de MONTAL de 1975 à 1979 puis de J.F. NANTET de 1980 à 1985, Directeurs successivement du Haras de Rodez ; la possibilité de faire saillir leurs juments lourdes par un étalon effectuant la monte en liberté en troupeau ouvert dans les stations de monte.

Depuis 1981, un protocole de gestion des troupeaux ouverts a été mis en place dans les stations de monte de la circonscription de Rodez en collaboration avec l'INRA de Theix qui pratique, avec la Station expérimentale des Haras de Chamberet, la monte en liberté depuis 1972 (TRILLAUD-GEYL *et al.*, 1984).

Les objectifs de cette étude ont été :

- de préciser les modalités techniques de gestion de la reproduction dans les troupeaux ouverts pour améliorer les taux de fertilité obtenus et permettre le développement de ce système sur le terrain ;

- de proposer des bases objectives d'appréciation de la gestion des femelles et de l'efficacité des étalons, grâce à un programme de gestion informatique qui permet de connaître rapidement à la fin de la saison les résultats de reproduction des troupeaux.

(1) Nous tenons à remercier M. J.F. NANTET (Directeur du Haras National de Rodez) pour avoir permis en 1981 la mise en place et le bon déroulement de cet essai dans de nombreuses stations de monte de sa circonscription (Aveyron - Tarn - Lot - Tarn et Garonne)

(2) Adresse actuelle : INRA-CRZV Nouzilly, Station de Physiologie de la Reproduction, 37380 Monnaie

I. Les troupeaux : composition et gestion

Les résultats que nous rapportons portent sur 7 années d'études réalisées de 1978 à 1983 en Station expérimentale (INRA de Theix) et sur 4 années d'observations recueillies de 1981 à 1984 dans les Stations de monte de la circonscription de Rodez. Ils concernent 45 troupeaux de 15 juments en moyenne (tabl. 1) : 20 troupeaux (7 étalons, 271 années-juments) conduits à l'INRA de Theix et 25 troupeaux (13 étalons, 414 années-juments) suivis dans onze stations de monte du Haras de Rodez.

Les animaux sont de race Bretonne principalement, Comtoise ou Ardennaise ou sans origine reconnue. Ils sont conduits en plein air intégral. A l'INRA, les juments hivernent pendant 3 mois environ (15 janvier - 25 avril) dans des parcs où elles reçoivent en fin de gestation et en début de lactation des apports limités de fourrage et d'aliment concentré. Elles sont ensuite mises à l'herbe sur le domaine de Theix à 800 m d'altitude et montent fin mai en estive dans les Monts Dore (1200-1400 m d'altitude) pour exploiter jusqu'à mi-octobre, date de sevrage des poulains, des pâturages peu productifs. En automne et au début de l'hiver, les juments nettoient les pâturages des refus laissés par les ruminants (MARTIN-ROSSET et TRILLAUD-GEYL, 1984). Dans la circonscription du Haras de Rodez, les juments sont amenées et laissées en pension par leur propriétaire à la Station de monte où elles sont conduites dans des parcs plus ou moins éloignés. Elles reçoivent des apports limités de foin et d'aliment concentré si les possibilités de pâturage sont insuffisantes. Après leur départ de la station de monte, elles pâturent des prairies de moyenne montagne proches de l'exploitation ou montent directement en estive.

Les étalons commencent la saison avec un nombre limité de femelles : 2 à 5 à Rodez, 3 à 4 à Theix. Les autres femelles sont ensuite introduites au cours de la saison de monte en fonction de l'activité instantanée de l'étalon et des retours en chaleurs envisageables pour les femelles déjà saillies. L'étalon ne doit pas être en présence de plus de 4 juments en chaleur simultanément. Dans les stations de monte du Haras de Rodez, les femelles ne quittent le troupeau avant la fin de la saison de monte, que si le diagnostic de gestation est positif : 45 ou 20 jours après le dernier jour de marque observé suivant la technique utilisée, respectivement : juma test ou échographie depuis 1983. A Theix, elles restent jusqu'à la fin de la saison de monte ; le diagnostic de gestation étant plus tardif : dosage des œstrogènes plasmatiques après le 85ème jour suivant le dernier jour de marque observé. Les étalons sont munis d'un harnais marqueur dont le crayon : bloc de paraffine de dureté variable selon la température ambiante, est changé quotidiennement. Les marques laissées sur la croupe des juments à l'occasion d'un chevauchement sont relevées chaque jour à la même heure et reportées sur un planning de monte. Le travail de l'étalon (activités d'approche des juments, nombre de sauts effectués par saillie) est contrôlé visuellement 2 fois par semaine au cours des premières semaines de monte et lors de chaque introduction.

II. Analyse des données

Le dépouillement des plannings de monte a été réalisé à l'aide d'un programme informatique qui permet de traiter les informations concernant chaque jument (numéro d'identification, date d'introduction, jours de chaleurs marqués ou non, dates de fécondation et de sortie (ROUSSET, 1984).

TABLEAU 1

Effectifs des troupeaux

		Haras de Rodez		INRA Theix		Total
		n	%	n	%	n
Pouliches	2 ans	96	23,2	25	9,2	121
	3 ans	81	19,6	24	8,9	105
Juments vides		129	31,1	28	10,3	157
Suitées	3 ans	22	5,3	19	7,0	41
	⩾4 ans	86	20,8	175	64,6	261
Total juments		414		271		685
Nombre de troupeaux		25		20		45

L'influence du type de femelles (pouliches, adultes suitées ou non) a été analysée au niveau des résultats moyens obtenus à Rodez et à Theix. Les taux de fertilité observés en fin de saison (FGT), les intervalles introduction-fécondation (INF) et la date de fécondation (DFC) obtenus respectivement sur 19 années-troupeaux à Rodez (259 années-juments) et 14 années-troupeaux à Theix (164 années-juments) ont été soumis à une analyse de covariance pour tester l'influence des facteurs : étalons, années, composition du troupeau (critère traduisant la proportion de pouliches et de juments suitées) et de certains paramètres (fertilité par cycle, nombre de cycles utilisés....).

III. Résultats

1. Début et durée de la saison de monte

Les étalons ont commencé la saison de monte dans un troupeau de base constitué de 4 juments en moyenne, significativement plus tôt dans les Stations de Rodez : 22 mars ± 12 jours qu'à l'INRA de Theix : 1er avril ± 14 jours. Ils sont restés dans les troupeaux jusqu'aux environs du 5 juillet (soit 105 jours ± 12 jours à Rodez et 95 jours ± 15 jours à Theix).

Les introductions de juments se sont échelonnées sur 14 semaines à Rodez et 12 semaines à Theix. Un mois avant la fin de la saison, 92 p.100 des juments ont été introduites à Rodez et 96 p.100 à Theix.

Les premières juments introduites ont été les juments vides et les pouliches de 3 ans (14 avril ± 25 jours à Rodez et 6 avril ± 15 jours à Theix), les juments suitées viennent ensuite (respectivement 26 avril ± 21 jours et 21 avril ± 18 jours). Les pouliches de 2 ans ont été introduites significativement plus tard que les 3 ans à l'INRA de Theix (un mois d'écart) mais non à Rodez (5 jours).

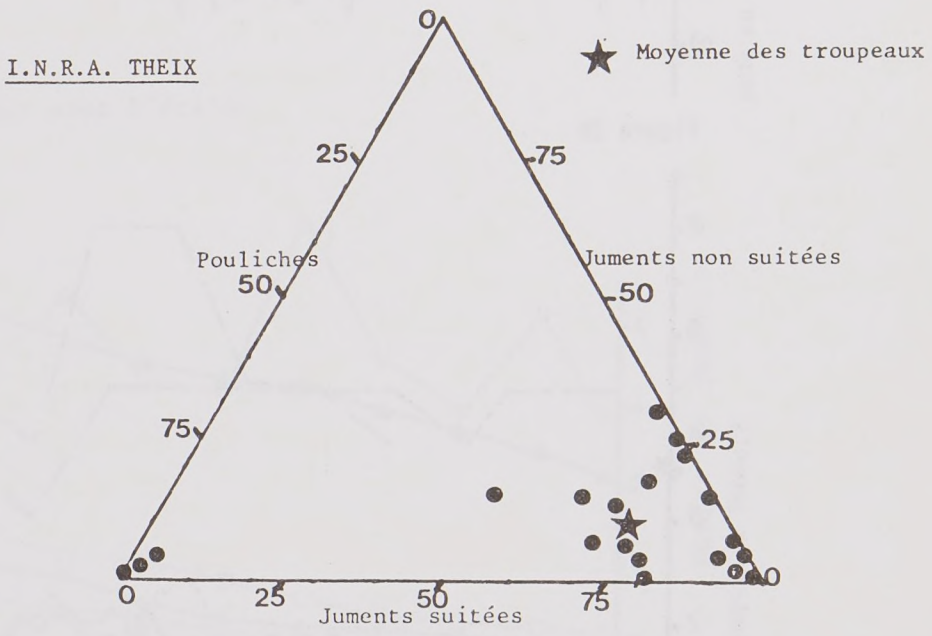
L'effectif cumulé moyen par troupeau est de 17 juments ± 3 à Rodez (minimum : 8, maximum : 25) et 14 juments ± 3 à Theix (minimum : 7, maximum : 25). La composition moyenne des troupeaux de Rodez et de Theix est assez différente. Les juments suitées représentent respectivement un quart et trois quarts des femelles introduites (tabl. 1). La structure des effectifs varie beaucoup entre les troupeaux de Rodez (fig. 1). La proportion des juments suitées a notablement augmenté de 1981 (8 p.100) à 1984 (38 p.100), à l'inverse de celle des pouliches (respectivement 59 p.100 et 36 p.100). A Theix, par contre, les troupeaux ont une structure assez voisine à l'exception de trois troupeaux constitués exclusivement de pouliches.

2. Paramètres de gestion des troupeaux

L'étalon a été en présence d'un nombre maximum moyen de 4 juments en chaleur par jour au cours de la saison (fig. 2a). Mais on a pu relever au cours de la 2ème quinzaine d'avril des cas extrêmes : jusqu'à 8 juments en chaleur simultanément dans un troupeau à Theix et 5 à Rodez.

Les juments en chaleur (1) ne sont pas marquées tous les jours : le taux de marquage (rapport du nombre de juments marquées sur le nombre de juments en chaleur) est, pour l'ensemble de la saison, 82 p.100 à Rodez et 70 p.100 à Theix. Il est très variable, de 30 à 100 p.100, sauf en milieu de saison : 60 à 90 p.100 (fig. 2b).

(1) La chaleur est délimitée par le premier et le dernier jours de marques observées.



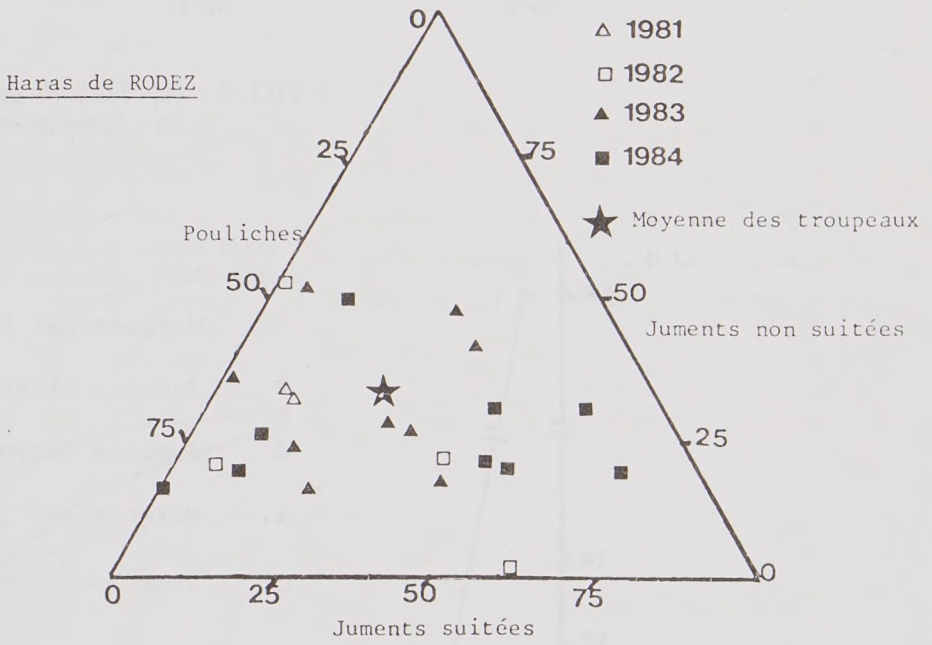


FIG. 1 : *Structure des effectifs*

L'activité de l'étalon « moyen » a été analysée pour les troupeaux de Theix (fig. 3a) et ceux de Rodez (fig. 3b). Le nombre de juments vides en présence de l'étalon, de 3 à 4 en début de saison (troupeau de base), est maximum de fin avril à début juin (5 juments) ainsi que le nombre de juments fécondables (juments dont la chaleur se termine dans la semaine considérée) : 2 à 3. Ils résultent du rythme plus soutenu des introductions au cours de la première moitié de la saison et des retours en chaleur consécutifs.

L'étalon a une activité maximale jusqu'à mi-mai. Il marque en moyenne 1,5 jument par jour mais il effectue 6 à 7 sauts par jour. En effet, 65 p.100 des activités de monte observées aboutissent à un marquage et l'étalon marque en moyenne chaque jument en chaleur près de trois fois par jour. Mais 75 p.100 des sauts marqués conduisent seulement à une saillie (ARCHAMBEAUD *et al.*, 1973).

Figure 2a

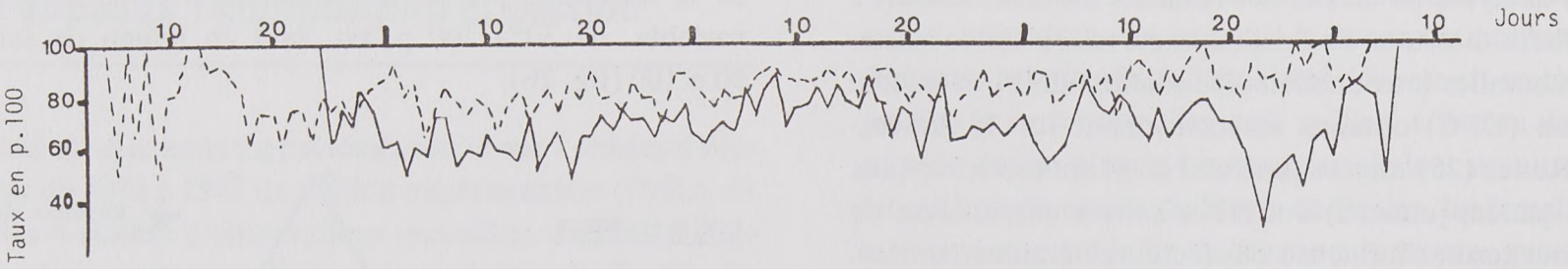


Figure 2b

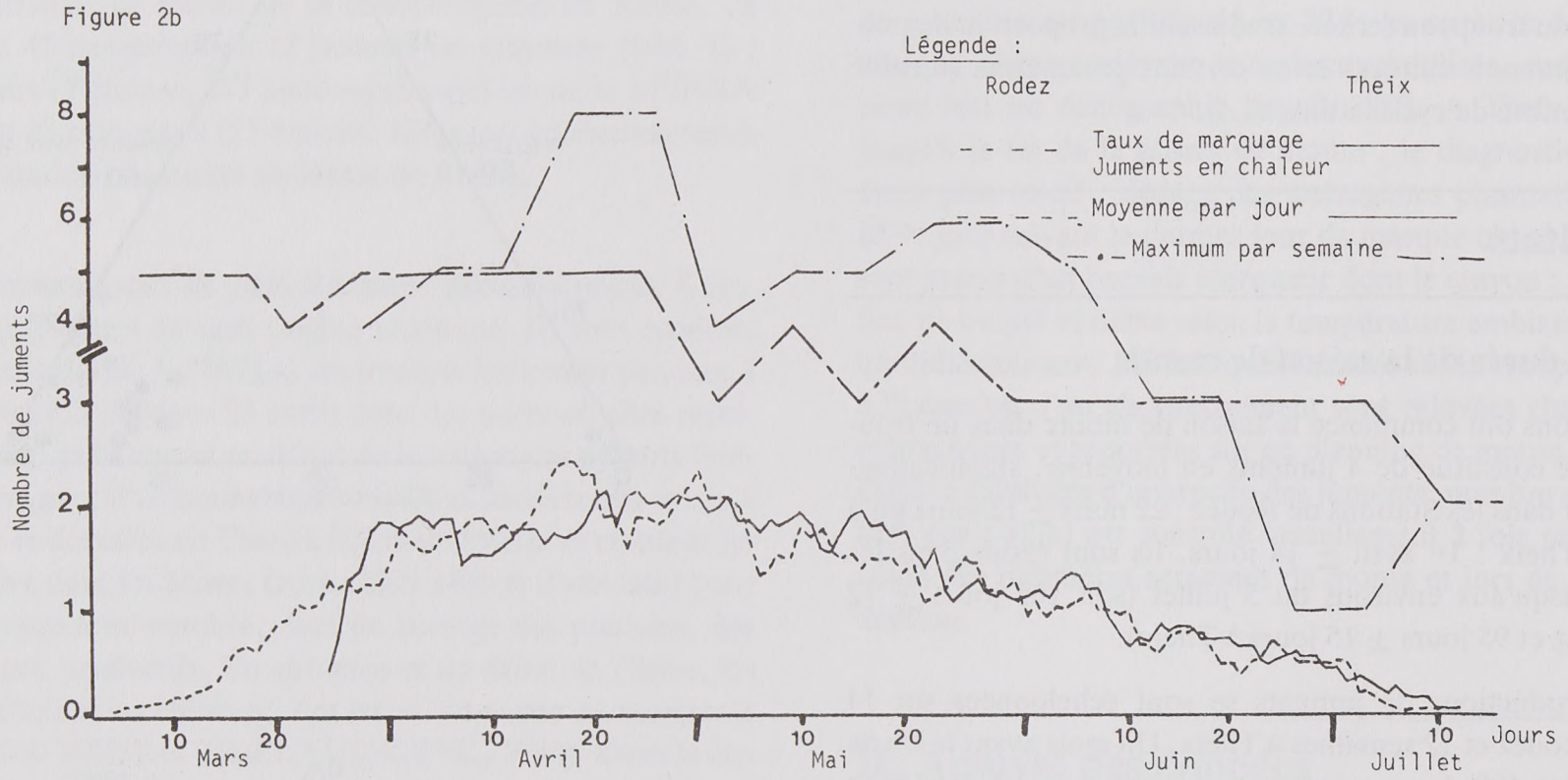


FIG. 2 : 2a - *Taux de marquage quotidien*
2b - *Juments en chaleur par jour*

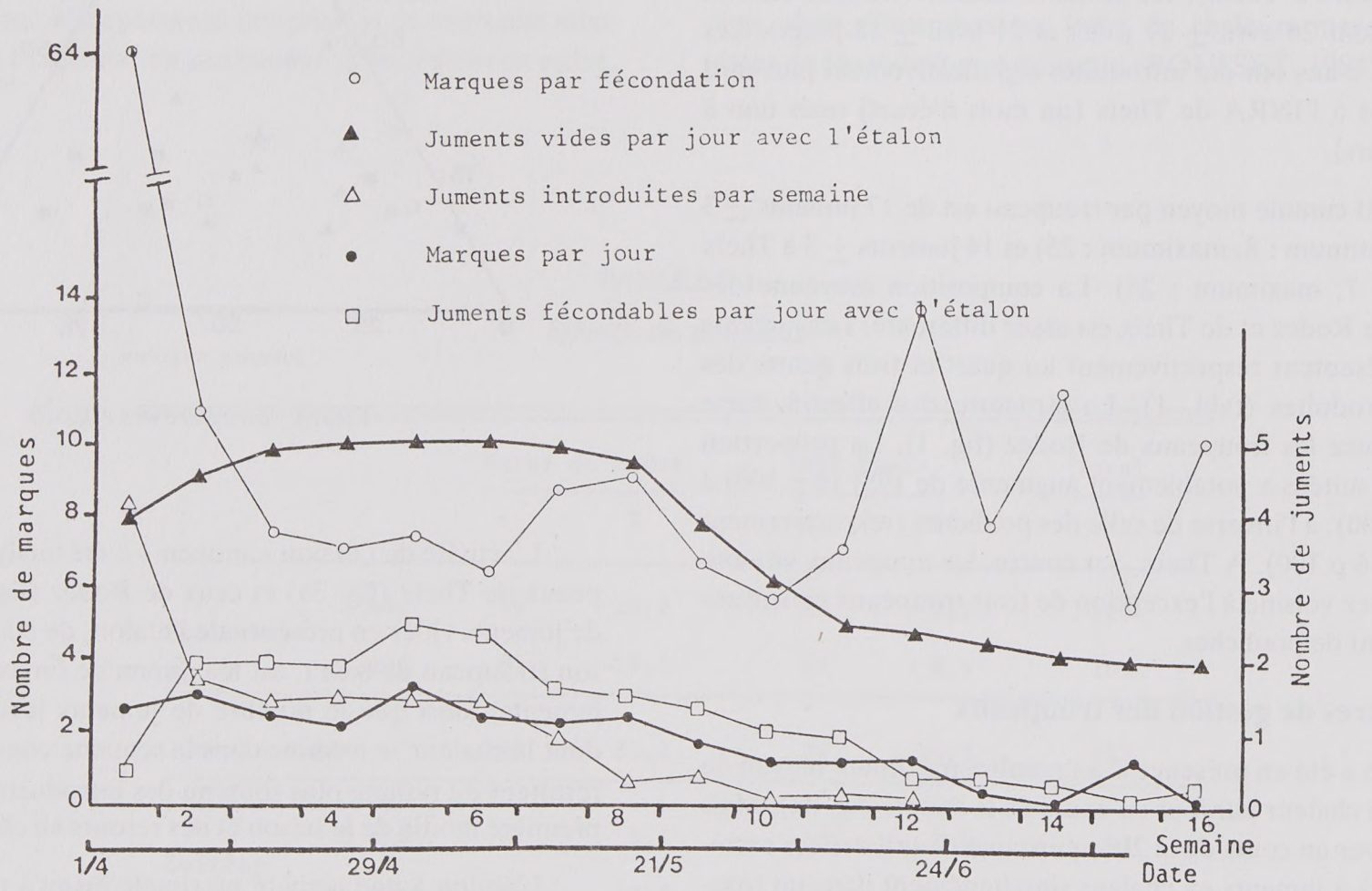


FIG. 3a : *Troupeau « moyen » de l'INRA de Theix*

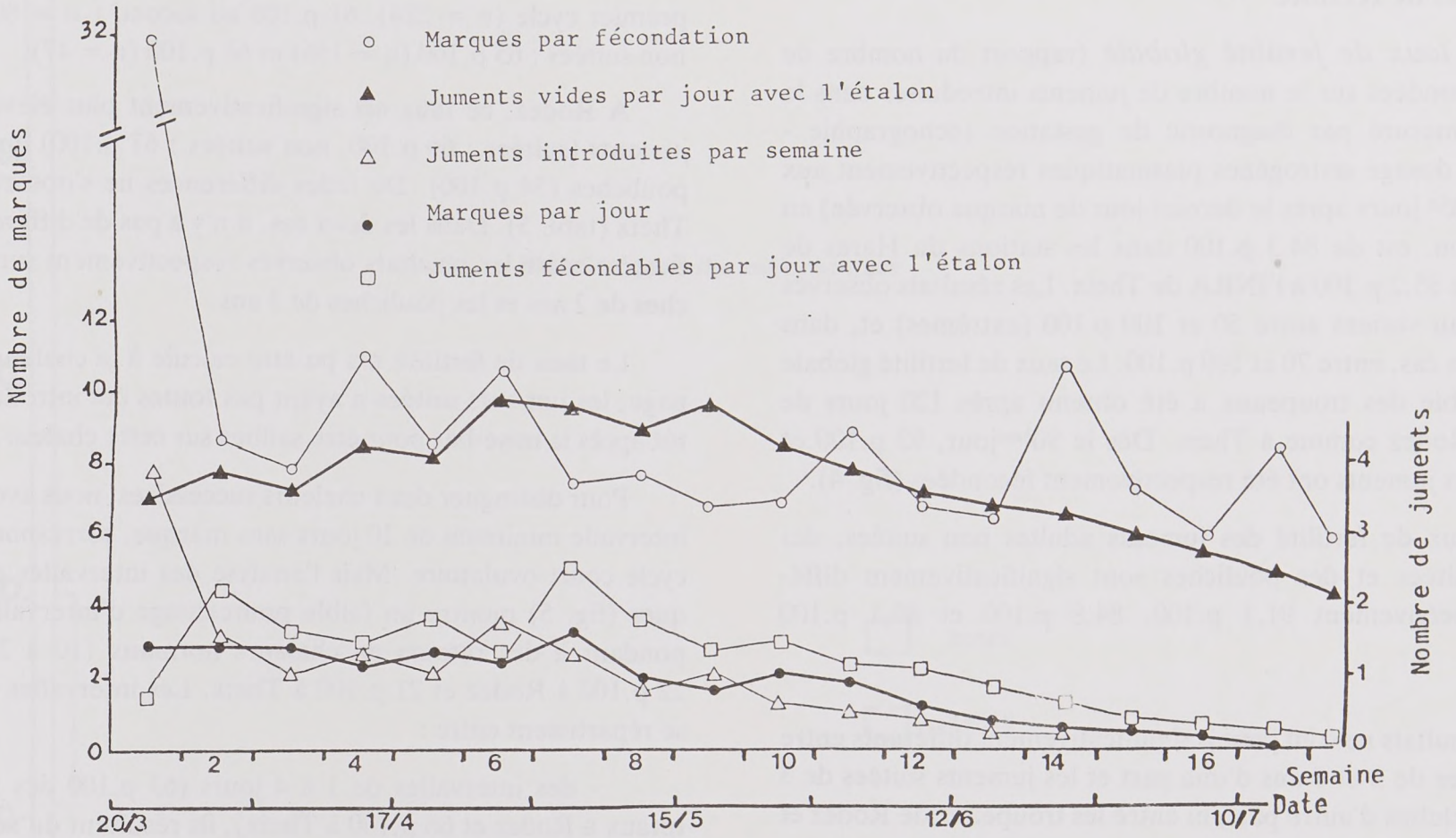


FIG. 3b : *Troupeau « moyen » du Haras de Rodez*

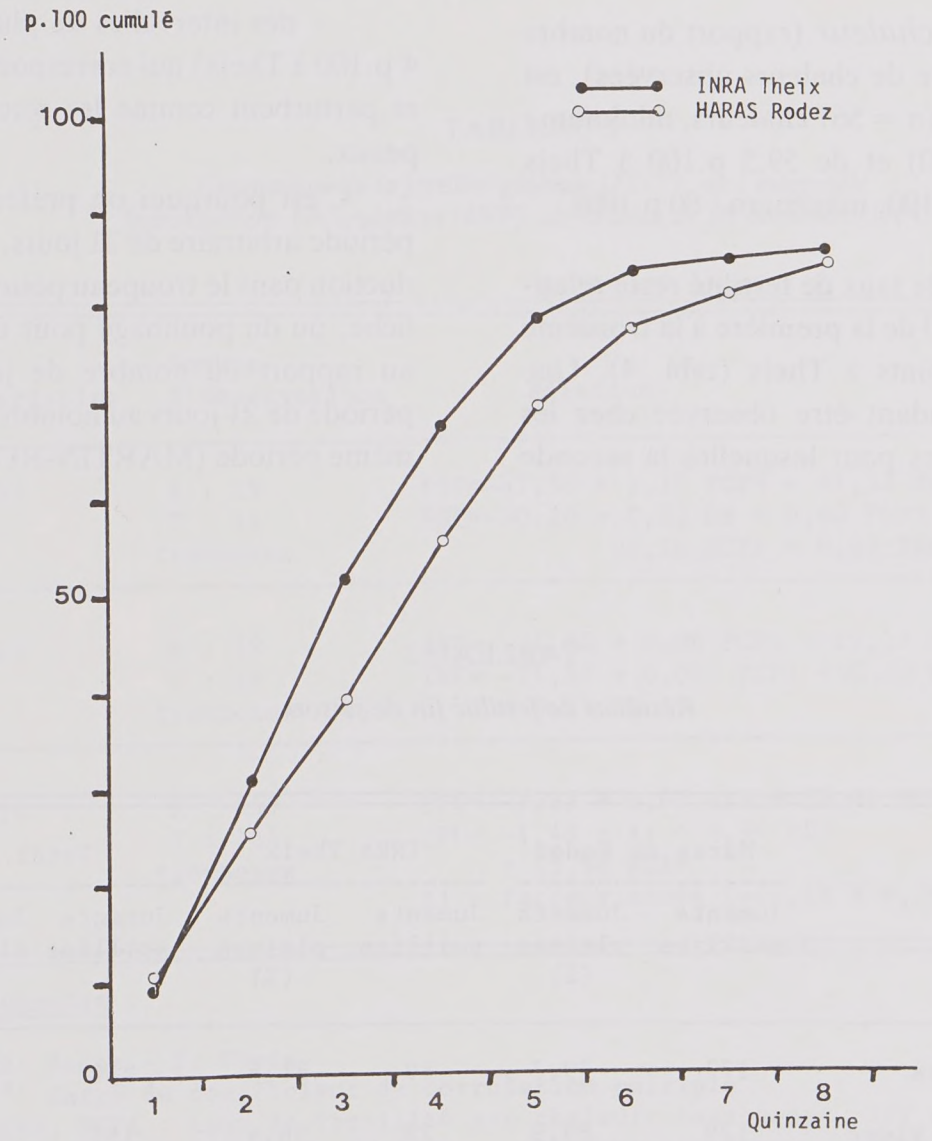


FIG. 4 : *Pourcentage cumulé de fécondations depuis l'entrée de l'étalon*

3. Résultats de fertilité

a) le taux de fertilité globale (rapport du nombre de juments fécondées sur le nombre de juments introduites dans le troupeau) mesuré par diagnostic de gestation (échographie - juma test - dosage œstrogènes plasmatiques respectivement aux 14e, 45e et 85e jours après le dernier jour de marque observée) en fin de saison, est de 84,3 p.100 dans les stations du Haras de Rodez et de 85,2 p.100 à l'INRA de Theix. Les résultats observés par troupeau varient entre 50 et 100 p.100 (extrêmes) et, dans 80 p.100 des cas, entre 70 et 100 p.100. Le taux de fertilité globale de l'ensemble des troupeaux a été obtenu après 120 jours de monte, à Rodez comme à Theix. Dès le 90ème jour, 92 p.100 et 98 p.100 des juments ont été respectivement fécondées (fig. 4).

Les taux de fertilité des juments adultes non suitées, des juments suitées et des pouliches sont significativement différents : respectivement 91,1 p.100, 84,8 p.100 et 80,1 p.100 (tabl. 2).

Les résultats ne sont jamais significativement différents entre les pouliches de 2 et 3 ans d'une part et les juments suitées de 3 ans et les adultes d'autre part, ni entre les troupeaux de Rodez et de Theix.

Le taux de fertilité globale n'est pas influencé par les facteurs étalon, année, composition du troupeau mais **il est très lié à la fertilité par chaleur, au nombre de cycles utilisés, à la durée de la saison et au taux de marquage** (tabl. 3).

b) Le taux de fertilité par chaleur (rapport du nombre de juments fécondées sur le nombre de chaleurs observées), est en moyenne de 61,6 p.100 à Rodez (n = 567 chaleurs, minimum : 26,7 p.100, maximum : 92,3 p.100) et de 59,5 p.100 à Theix (n = 388 chaleurs, minimum : 30 p.100, maximum : 80 p.100).

Dans les troupeaux de Rodez, le taux de fertilité reste relativement constant, autour de 60 p.100 de la première à la troisième chaleur alors qu'il baisse de 5 points à Theix (tabl. 4). Une influence de la saison peut cependant être observée chez les juments non suitées et les pouliches pour lesquelles la seconde chaleur est plus fertile que la première : pouliches : 54 p.100 au premier cycle (n = 224), 61 p.100 au second (n = 80), adultes non suitées : 65 p.100 (n = 156) et 68 p.100 (n = 47).

A Rodez, ce taux est significativement plus élevé pour les juments (suitées : 69 p.100, non suitées : 67 p.100) que pour les pouliches (54 p.100). De telles différences ne s'observent pas à Theix (tabl. 5). Dans les deux cas, il n'y a pas de différence significative entre les résultats observés respectivement sur les pouliches de 2 ans et les pouliches de 3 ans.

Le taux de fertilité n'a pu être calculé à la chaleur de poulinage, les juments suitées n'ayant pas toutes été introduites assez tôt après la mise-bas pour être saillies sur cette chaleur.

Pour distinguer deux chaleurs successives, nous avons fixé un intervalle minimum de 10 jours sans marque, correspondant à un cycle court ovulatoire. Mais l'analyse des intervalles entre marques (fig. 5) montre un faible pourcentage d'intervalles correspondant à des retours en chaleurs normaux (10 à 21 jours) : 22 p.100 à Rodez et 21 p.100 à Theix. Les intervalles anormaux se répartissent entre :

- des intervalles de 1 à 4 jours (63 p.100 des intervalles totaux à Rodez et 66 p.100 à Theix), ils résultent du suivi partiel des chaleurs par l'étalon, en cas de surcharge instantanée ou à l'occasion des chaleurs de poulinage des juments suitées ;

- des intervalles de 5 à 9 jours (7 p.100 à Rodez et 9 p.100 à Theix) : ils représentent des cycles courts probablement anovulatoires. Ils sont la conséquence de chaleurs longues (10 à 20 jours) qui accroissent inutilement le travail de l'étalon ;

- des intervalles de plus de 21 jours (8 p.100 à Rodez et 4 p.100 à Theix) qui correspondent aux retours en chaleur tardifs et perturbent comme les retours précoces, la gestion des troupeaux.

C'est pourquoi on préfère calculer un taux de fertilité par période arbitraire de 21 jours, comptée à partir de la date d'introduction dans le troupeau pour une jument non suitée ou une pouliche, ou du poulinage pour une jument suitée. Le taux est égal au rapport du nombre de juments fécondées au cours d'une période de 21 jours au nombre de juments vides au début de cette même période (MARTIN-ROSSET et PALMER, 1977).

TABLEAU 2

Résultats de fertilité fin de saison

	Haras de Rodez		INRA Theix		Total	
	Juments saillies	Juments pleines (%)	Juments saillies	Juments pleines (%)	Juments saillies	Juments pleines (%)
Pouliches	177	79,7	49	81,6	226	80,1
Juments vides	129	89,9	28	96,4	157	91,1
Juments suitées	108	85,2	194	84,5	302	84,8
TOTAL	414	84,3	271	85,2	685	84,7

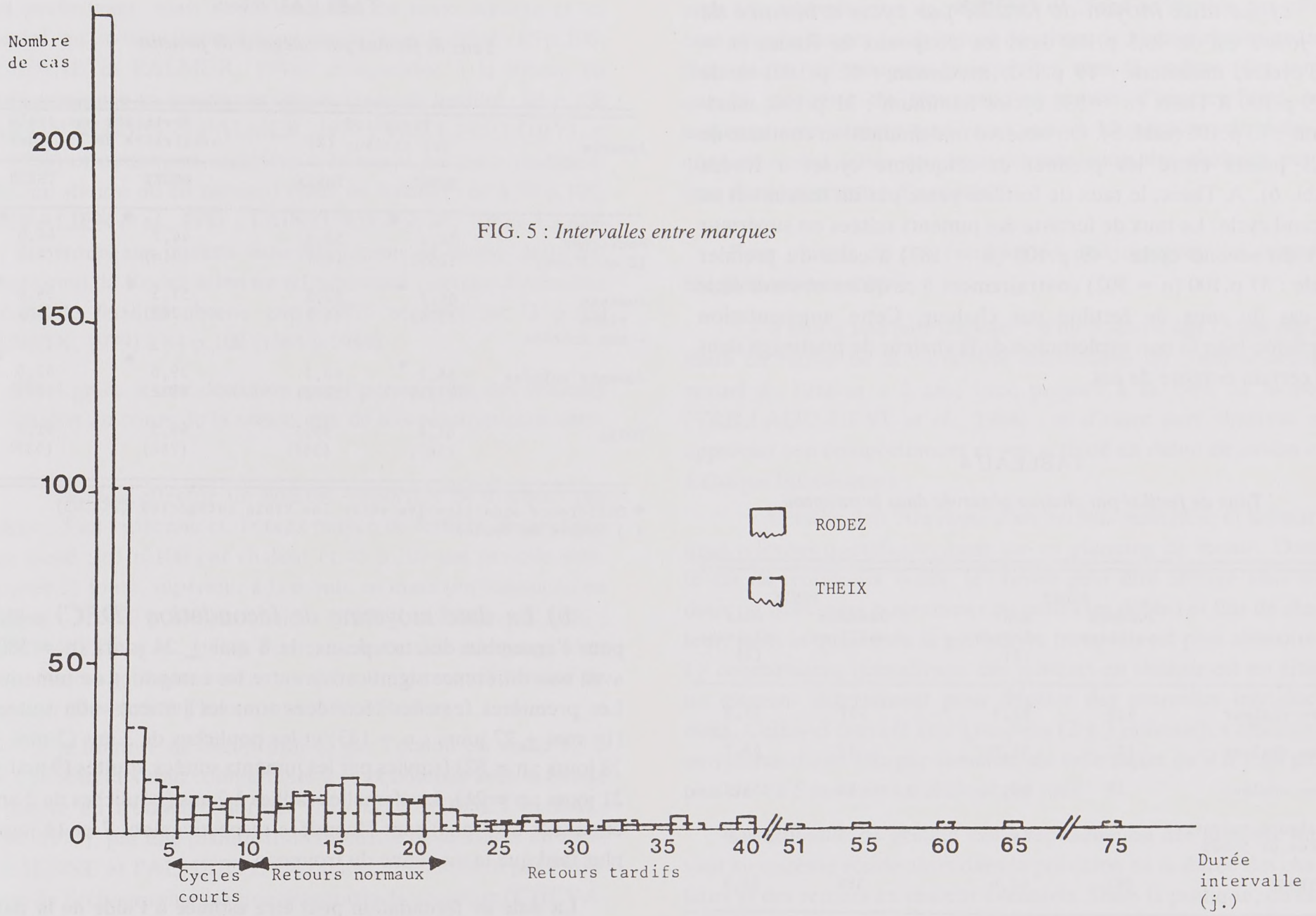


FIG. 5 : *Intervalles entre marques*

TABLEAU 3

Estimation de la fertilité globale (FGT), de l'intervalle Introduction-Fécondation (INF), de la date de fécondation(DFC)

Variables	Nombre d'observations	Relations	R^2
FGT	R : 19	FGT=-47,50 + 1,17 FCPM + 41,32 NCPM	0,91
	T : 14 troupeaux	FGT=-50,20 + 0,23 DS + 0,60 FCPM + 22,94 NCPP + 0,62 TMM	0,86
INF	R : 19	INF= -24,80 + 0,06 FCP1 + 29,27 NCPP	0,84
	T : 14 troupeaux	INF= -21,50 + 0,001 FCP1 + 22,60 NCPP + 0,11 EE	0,68
DFC	R : 259	DFC= -7,37 + 0,97 DIJ + 22,64 NCPP	0,79
	T : 164 troupeaux	DFC= -1,49 + Ai + 0,94 DIJ + 15,98 NCAP Ai = facteur année (-11,19 à 4,30)	0,88

Légendes :

R: Rodez - T: Theix
R^2: Carré du coefficient de corrélation multiple
FCPM, FCP1 : taux de fertilité par chaleur: taux moyen, 1er cycle
NCPP, NCPM : nombre de chaleurs utilisées: par jument pleine, par jument saillie
NCAP : nombre de cycles arbitraires par jument pleine
DIJ : date d'introduction des juments
EE, DS : date d'entrée de l'étalon, durée de la saison
TMM : taux de marquage moyen

c) Le taux moyen de fertilité par cycle arbitraire de 21 jours est de 46,5 p.100 dans les troupeaux de Rodez (n = 750 cycles, minimum : 19 p.100, maximum : 92 p.100) et de 42,9 p.100 à Theix (n = 538 cycles minimum : 21 p.100, maximum : 73 p.100 (tabl. 5). On observe une diminution continue de 14,5 points entre les premier et cinquième cycles à Rodez (tabl. 6). A Theix, le taux de fertilité passe par un maximum au second cycle. Le taux de fertilité des juments suitées est supérieur lors du second cycle : 49 p.100 (n = 187) à celui du premier cycle : 37 p.100 (n = 302) contrairement à ce qu'on observe dans le cas du taux de fertilité par chaleur. Cette augmentation confirme bien la non exploitation de la chaleur de poulinage dans un certain nombre de cas.

TABLEAU 4

Taux de fertilité par chaleur observée dans le troupeau

	RODEZ		THEIX	
	Juments saillies	dont pleines (%)	Juments saillies	dont pleines (%)
1ère chaleur	410	62,9	267	59,9
2ème chaleur	122	59,0	92	58,7
3ème chaleur	29	62,1	24	54,2
Chaleurs suivantes (4ème et 5ème)	6	16,6	5	80,0
MOYENNE	567	61,6	388	52,5

Le taux de fertilité par cycle arbitraire de 21 jours est significativement plus élevé chez les juments non suitées que chez les pouliches et les juments suitées à Theix comme à Rodez (tabl. 5). Il n'y a pas non plus de différence significative entre les pouliches saillies à deux ou à trois ans.

d) Le nombre moyen de périodes de 21 jours utilisées par jument est de 1,8 à Rodez et 2,0 à Theix ; il est maximum pour les juments suitées : 2,1, minimum pour les non suitées : 1,6. Calculé par jument restée vide en fin de saison, il reflète mieux la qualité de la recherche des occasions de fécondation (PALMER, 1981) et vaut en moyenne 2,6 à Rodez et 3,3 à Theix.

4. Résultats de productivité

a) L'intervalle moyen Introduction-Fécondation (INF) égal à la moyenne du nombre de jours séparant l'introduction d'une jument du dernier jour marqué de la chaleur fécondante est, pour l'ensemble des troupeaux de Rodez et de Theix de 19,0 ± 16,6 jours (n = 580) sans qu'aucune différence significative entre les types de juments ne puisse être mise en évidence. Les juments suitées sont fécondées en moyenne 29,5 jours ± 20,0 jours (n = 256) après la mise bas. **L'intervalle moyen introduction-fécondation peut être estimé à partir du taux de fertilité de la première chaleur et du nombre de chaleurs utilisées par jument gestante (tabl. 3).**

TABLEAU 5

Taux de fertilité par catégorie de juments

Juments	Fertilité par chaleur (%)		Fertilité par cycle arbitraire de 21 jours (%)	
	RODEZ	THEIX	RODEZ	THEIX
Pouliches (2 et 3 ans)	54,4 * (259)	58,8 (68)	44,7 * (316)	44,0 * (91)
Juments - vides - non suitées	66,7 * (174)	57,5 (47)	57,3 * (202)	56,6 * (48)
Juments suitées	68,7 * (134)	60,1 (273)	39,6 * (232)	41,0 * (399)
TOTAL	61,6 (567)	59,5 (388)	46,5 (750)	42,9 (538)

* Différence significative entre les trois catégories (P<0,05)
( ) Nombre de cycles

b) La date moyenne de fécondation (DFC) a été, pour l'ensemble des troupeaux, le 8 mai ± 24 jours (n = 580) avec une différence significative entre les catégories de juments. Les premières femelles fécondées sont les juments non suitées (1er mai ± 27 jours ; n = 143) et les pouliches de 3 ans (2 mai ± 28 jours ; n = 82) (suivies par les juments suitées adultes (9 mai ± 21 jours ; n = 21). Les femelles saillies à 2 ans (pouliches de 2 ans et suitées de 3 ans) sont fécondées respectivement 7 et 14 jours plus tard que la moyenne du troupeau.

La date de fécondation peut être estimée à l'aide de la date d'introduction dans le troupeau et du nombre de chaleurs ou de périodes de 21 jours utilisées par jument pleine. On n'observe pas d'effet de l'étalon ou de la composition du troupeau. Un effet année peut éventuellement intervenir (tabl. 3).

TABLEAU 6

Taux de fertilité par cycle arbitraire de 21 jours

Périodes	RODEZ		THEIX	
	Nombre ♀ saillies	dont pleines (%)	Nombre ♀ saillies	dont pleines (%)
0- 21 jours	414	48,6	271	43,5
22- 42 jour	201	45,8	152	48,1
43- 63 jours	87	42,4	71	36,5
64- 84 jours	35	39,7	31	32,4
85-105jours	12	34,1	11	28,2
Périodes suivantes (106-147 jours)	2	51,2	2	50,0
MOYENNE	751	56,5	538	42,9

Discussion-conclusion

Avec un taux de fertilité moyen de 85 p.100 obtenu en fin de saison aussi bien dans les troupeaux expérimentaux que sur le terrain, sans que l'on note d'effet significatif de la composition du troupeau, de l'étalon ou de l'année, la monte en liberté en troupeaux ouverts pratiquée selon le protocole décrit est un système

aussi performant, mais moins exigeant en main dœuvre et en matériel, qu'un suivi intensif des juments (taux fertilité : 85 p.100, JULIENNE et PALMER, 1984), comparable à la monte en liberté pratiquée en troupeaux fermés (taux de fertilité : 86 p.100 MARTIN-ROSSET et PALMER, 1977 ; TRILLAUD-GEYL *et al.*, 1984) et nettement supérieur à la monte en main traditionnelle (en station ou en camion) (taux de fertilité : 60 à 70 p.100, CHEVALIER *et al.*, 1981 ; TAINTURIER *et al.*, 1984). La gestion des troupeaux ouverts dans les stations de monte de la circonscription de Rodez selon un tel protocole a permis d'accroître le taux de fertilité obtenu entre 1975 et 1979 de 73 p.100 (GENEIX, 1979) à 84 p.100 (1981 à 1984).

C'est grâce à une détection quasi permanente des chaleurs par l'étalon au cours de la saison que de tels résultats sont obtenus :

- l'étalon effectue un nombre important de marques par chaleur : 5 en moyenne et, le taux moyen de fertilité observé par cycle élevé : 61 p.100 par chaleur et 45 p.100 par période arbitraire de 21 jours, supérieur à la monte en main (en station ou en camion) : 32 à 37 p.100 par chaleur (CHEVALIER *et al.*, 1981 ; TAINTURIER *et al.*, 1984). Pourtant, le taux de marquage n'est pas toujours significativement corrélé avec le taux de fertilité fin de saison (P = 0,68 à Theix contre 0,06 à Rodez) ;

- le nombre de cycles utilisés par l'étalon est élevé 1,8 à 2,0. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus avec la monte en liberté en troupeaux fermés (MARTIN-ROSSET et PALMER, 1977), par une planification intensive de la monte en main (JULIENNE et PALMER, 1984) ou même seulement par l'utilisation de l'échographie comme diagnostic de gestation (CHEVALIER *et al.*, 1981). L'emploi de l'échographie à Rodez depuis 1983 n'a d'ailleurs pas permis d'utiliser un nombre moyen de cycles arbitraires supérieur à celui de Theix, mais il a raccourci le temps de séjour des juments dans le troupeau et donc accru l'utilisation des étalons.

Avec une fécondation survenant en moyenne 19 jours après l'introduction ou 30 jours après le poulinage, soit un intervalle entre deux mise-bas d'un an - à une date permettant le sevrage à la mi-octobre d'un poulain de 340 kg environ, ce système de reproduction offre aux éleveurs ne pouvant disposer d'un étalon des avantages comparables à ceux pratiquant la monte en liberté en troupeaux fermés. En effet, les paramètres traduisant l'activité de l'étalon ont des valeurs très proches dans les troupeaux ouverts et fermés (MARTIN-ROSSET et PALMER, 1977 ; TRILLAUD-GEYL *et al.*, 1984). Mais la variabilité des résultats obtenus est relativement importante. Elle reflète, pour une large part, les variations de la date d'introduction et du nombre de cycles utilisés, comme en témoignent les relations d'estimation de FGT, INF et DFC. Il serait possible de mieux maîtriser la date moyenne de fécondation du troupeau en introduisant en premier lieu les juments vides et les pouliches de 3 ans dans les troupeaux puisque celles-ci peuvent être fécondées plus tôt en saison que les juments suitées ou les pouliches de 2 ans. L'introduction d'une jument suitée est, par contre, plus difficile à maîtriser car il faut souvent réaliser un compromis entre la date de mise-bas et l'activité instantanée de l'étalon qui peut être conjonctuellement trop élevée pour l'autoriser. On peut y remédier dans les stations de monte des Haras nationaux, en faisant saillir en main ces juments à la chaleur de poulinage par l'étalon de la station. Enfin, la mise à la reproduction de pouliches de 2 ans ne semble pas efficace pour rattraper un éventuel décalage de la date moyenne de fécondation du troupeau puisqu'elles sont fécondées plus tard que la moyenne du troupeau, en raison d'une cyclicité en moyenne relativement tardive en saison. L'utilisation de techniques nouvelles telles que la synchronisation des chaleurs peut sans doute permettre d'y remédier.

Pour obtenir de tels résultats on doit respecter les recommandations suivantes :

- il faut d'une part disposer : d'un étalon d'âge (3 ans minimum en raison de la variabilité individuelle du comportement sexuel de l'étalon à 2 ans) bien préparé à ce type de monte (TRILLAUD-GEYL *et al.*, 1984) ; et d'autre part observer et apprécier son comportement et son activité en début de saison et à chaque introduction ;

- l'étalon doit être muni d'un harnais marqueur et les marques relevées quotidiennement sur un planning de monte. Dans le cas de troupeaux isolés, le crayon peut être changé tous les deux ou trois jours pour cerner au moins les débuts et fins de chaleur, mais la qualité de la gestion du troupeau est plus aléatoire. La connaissance quotidienne des juments en chaleur est en effet un élément déterminant pour décider des nouvelles introductions. Celles-ci doivent être groupées (2 à 3 juments), s'effectuer au rythme d'une fois par semaine, de telle façon qu'il n'y ait pas plus de 4 à 5 juments en chaleur par jour.

La difficulté de gestion de la reproduction des juments suivant ce système réside alors dans la prévision de la durée des chaleurs et des retours en chaleur éventuels. Dans la pratique, on est assez prudent en prévoyant ces derniers entre 10 et 18 jours après la dernière marque observée. Le passage hebdomadaire du service d'échographie dans chaque station de monte des Haras nationaux devait permettre de faire le point et donc de décider des mouvements de la semaine (sorties et entrées) et de repérer et traiter les juments vides à problèmes (chaleurs longues, répétées, retours tardifs,...). Malheureusement, les chefs de station ne contrôlent pas toujours l'arrivée de nouvelles juments qui dépend aussi de la disponibilité des éleveurs.

Mais le nombre de juments servies par le même étalon est plus limité qu'en monte en main : respectivement 15 et 21 en moyenne (JUSSIAUX, TRILLAUD-GEYL, 1984). Le diagnostic précoce de gestation par échographie peut permettre d'augmenter l'effectif des troupeaux de juments saillies en liberté comme on l'a constaté : 17 en moyenne à Rodez contre 14 à Theix (différence significative). L'allongement de la saison de monte de un à deux mois pourrait permettre de faire servir 30 juments par un même étalon (TRILLAUD-GEYL *et al.*, 1984), à condition que l'on ne s'éloigne pas trop des objectifs zootechniques qui sont : le maintien d'une date de mise-bas compatible avec les possibilités et le coût de l'alimentation hivernale de la jument et avec le sevrage du poulain à un poids et à une période satisfaisants (MARTIN-ROSSET et TRILLAUD-GEYL, 1984).

Le programme informatique mis au point pour calculer les résultats peut aussi être considéré comme une première étape de l'informatisation de la gestion de la reproduction des juments saillies en liberté. Ce programme dresse actuellement un bilan objectif en fin de saison de la gestion des femelles et il permet d'avoir rapidement une première appréciation de l'utilisation de l'étalon

(nombre de femelles servies par jour : au total en fin de saison, taux fertilité fin saison ou par chaleur) et de son efficacité (taux de marquage - nombre de marques par fécondation...). Il devra être amélioré pour réaliser des bilans en cours de saison et prévoir les résultats finaux à partir des variables rapidement disponibles telles que la fertilité du premier cycle.

Références bibliographiques

ARCHAMBEAUD B., JUSSIAUX M., PALMER E., SIGNORET J.P., 1973. Méthode de détection de l'œstrus chez la jument en liberté. *Ann. Zootech.*, **3,** 333-336.

CHEVALIER F., DRIANCOURT M.A., PALMER E., 1981. Du nouveau dans la reproduction des cheveaux lourds. *Bull. Inf. Chevaux lourds,* CEREOPA, **4,** 23-39.

E.D.E., Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, 1975. La production de viande chevaline en zone extensive sous pyrénéenne, Document DDA, 45 p.

GENEIX A., 1979. *La monte en liberté dans les troupeaux de juments lourdes à introductions fréquentes.* Mémoire de Fin d'études, INAPG, 99p.

Institut du Cheval, 1984. Analyse des résultats de la monte 1982 et analyse des « naissances » 1983. S.I.R.E., Service des Haras.

JULIENNE P., PALMER E., 1984. Utilisation des techniques modernes de reproduction dans un Haras de trotteurs. 93-97, in *« Le Cheval : Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation ».* INRA Publ., R. Jarrige et W. Martin-Rosset Ed., Versailles, 689 p.

JUSSIAUX M., TRILLAUD-GEYL C., 1984. La monte en station. 77-82, in *« Le Cheval : Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation ».* INRA Publ., R. Jarrige et W. Martin-Rosset Ed., Versailles, 689 p.

LIENARD G., MARTIN-ROSSET W., 1984. Productivité des troupeaux de juments allaitantes. 555-562, in *« Le Cheval : Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation ».* INRA Publ., R. Jarrige et W. Martin-Rosset Ed., Versailles, 689 p.

MARTIN-ROSSET W., PALMER E., 1977. Bilan de trois années de monte en liberté dans les troupeaux de juments de trait. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **28,** 33-39.

PALMER E., 1981. Amélioration de la fécondité dans l'espèce équine. *Le Cheval, Bulletin technique d'information du ministère de l'Agriculture,* 362-363, 551-560.

ROSSIER E., 1984. Etat actuel de la production et de la consommation de viande chevaline en France. 491-508, in *« Le Cheval : Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation ».* INRA Publ., R. Jarrige et W. Martin-Rosset Ed., Versailles, 689p.

ROUSSET H., 1984. *Monte en liberté dans les troupeaux ouverts de juments lourdes.* Mémoire de fin d'études, E.N.G.R.E.F., INRA-CRZV de Theix, 77 p.

TAINTURIER D., CHEVALIER F., PALMER E., GARNIERE J.P., RAMA F., DOMERG D., MARIONNEAU G., 1984. L'élevage breton : mise à la reproduction. Pertes à la fécondation. Etat sanitaire. In *« Quoi de neuf sur le cheval ? »,* 10èmes Journées d'étude, 7 mars, CEREOPA, Paris, 38-56.

TRILLAUD-GEYL C., MARTIN-ROSSET W., JUSSIAUX M., 1984. La monte en liberté. 83-91, in *« Le Cheval : Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation ».* INRA Publ., R. Jarrige et W. Martin-Rosset Ed., Versailles, 689 p.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 31-48

Production laitière en zone de montagne : effets pluriannuels du type de ration hivernale et du niveau de complémentation

J.B. COULON*, J.P. GAREL**, A. HODEN***, M. JOURNET*** et G. LIENARD****

** INRA-CRZV Theix, Laboratoire de la Lactation, 63122 Ceyrat*
*** INRA, Domaine expérimental, 15330 Marcenat*
**** INRA, Station de Recherches sur la Vache laitière, St Gilles, 35590 L'Hermitage*
***** INRA-CRZV Theix, Laboratoire de l'Economie de l'Elevage, 63122 Ceyrat*

La production laitière en zone de montagne pose un certain nombre de problèmes technico-économiques spécifiques (LIENARD et BAUD, 1981) parmi lesquels le choix de la ration de base hivernale et son niveau de complémentation apparaissent très importants. En effet, si l'introduction de l'ensilage d'herbe dans les rations pour vaches laitières (traditionnellement composées de foin) a permis, en réduisant l'influence des aléas climatiques, de récolter des fourrages à leur meilleur stade végétatif et d'améliorer l'exploitation du pâturage, son utilisation à long terme comme unique constituant de la ration de base pose cependant certaines questions. Les travaux réalisés dans ce domaine, en particulier par DEMARQUILLY et DULPHY ne permettaient pas d'y répondre parce qu'ils portaient sur des esssais de courte durée et concernaient des ensilages à brins courts, solution onéreuse et pas toujours envisageable en zone de montagne (LIENARD et DULPHY, 1981).

D'autre part, le niveau énergétique relativement faible de ces rations comparativement à celles à base d'ensilage de maïs et la durée d'hivernage élevée (6 mois) posent plus qu'ailleurs le problème de leur complémentation : comment réagissent les animaux lorsque l'on diminue les apports de concentré au cours de l'hiver, quelles sont leurs capacités de récupération au pâturage et quels sont les éventuels effets à long terme de ces traitements ?

Pour répondre à l'ensemble de ces questions, nous avons mis en place en 1974 et pour une durée de 6 ans, au Domaine INRA de Marcenat (15) et dans des conditions d'environnement difficiles (6 mois de période hivernale, altitude : 1050 m, stabulation entravée et faiblement paillée : 2 kg / vache / jour), un essai factoriel associant au cours de l'hiver 2 types de ration de base (foin ou ensilage d'herbe) et 2 niveaux de complémentation (Bas et Haut). Nous y avons adjoint un cinquième traitement, où la ration était mixte, composée d'ensilage et de foin ; ce type de régime est en effet celui qui risque d'être le plus utilisé dans les conditions de montagne en particulier en raison de sa souplesse d'utilisation. Ce traitement n'a été étudié qu'au niveau bas de complémentation. Durant la saison de pâturage, tous les animaux ont été conduits de la même façon. Un premier dépouillement des données concernant les 4 premières années d'expérience (HODEN *et al.*, 1981) a déjà permis de dégager certains résultats technico-économiques.

Nous nous proposons ici de présenter les résultats sous un angle zootechnique en utilisant l'ensemble des lactations ayant participé à l'expérimentation. Les données concernant la reproduction et l'état sanitaire ne sont présentées que succintement, de même que les aspects spécifiquement à long terme (carrière des animaux ayant fait au moins 2 ou 3 lactations consécutives sur un même traitement) ; ils seront analysés dans un article ultérieur.

Conditions expérimentales

Animaux

L'ensemble du troupeau de 90 vaches laitières (28 p.100 de primipares) de Marcenat, composé pour moitié de Pie Noires (FF) et pour moitié de Montbéliardes (MO) et dont le niveau de production est d'environ 4 000 kg de lait de moyenne économique (kg lait / vache présente / an) a été utilisé, 6 années consécutivement. Les vêlages ont lieu en stabulation entravée, d'octobre à avril (fig. 1) et surtout en début d'hiver (42 p.100 avant le 1er janvier). Les génisses vêlent en majorité à 3 ans (32 mois en moyenne), un peu plus tôt en saison que les multipares (57 p.100 des vêlages avant le 1er janvier).

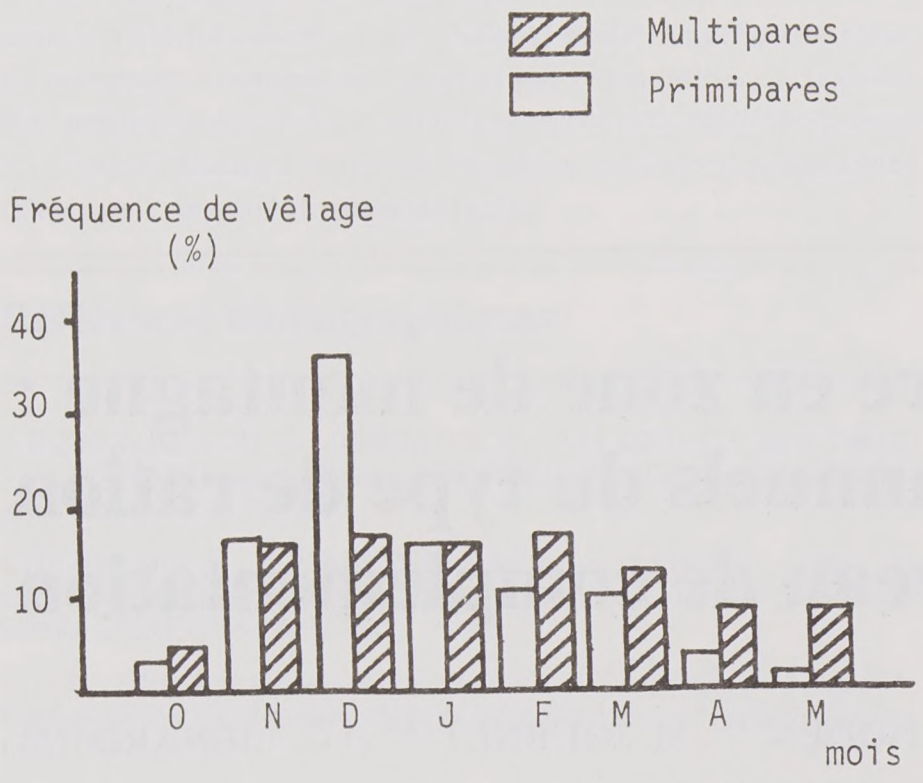


FIG. 1 : *Répartition des vêlages au cours de l'année*

En début d'essai (1/10/74), les animaux ont été répartis dans les 5 traitements présentés au tableau 1, après qu'il ait été tenu compte en particulier du niveau de production, de l'âge, de la race et des résultats de reproduction antérieurs de façon à constituer des lots les plus identiques possibles. Les vaches ont été soumises au même traitement pour toute la durée de l'essai, les génisses étant introduites chaque année avant leur vêlage dans chacun des lots, en fonction de leurs performances attendues (niveau de production des mères, index des pères), de manière à maintenir constant l'effectif de chaque lot.

TABLEAU 1

Schéma expérimental

Ration de base	Complémentation au-dessus de (kg lait 4 %)	Lot
Foin (F)	Bas-(10)	FB
	Haut-(5)	FH
Ensilage d'herbe (E)	Bas-(10)	EB
	Haut-(5)	EH
Mixte (M)	Bas-(10)	MB

Les inséminations ont été effectuées à partir du 45ème jour de lactation (et parfois même avant, dans le cas de vêlages tardifs en saison). En cas de retours en œstrus, des traitements ont pu être appliqués (synchronisation des chaleurs, induction de l'œstrus). Deux taureaux par race et par an au maximum ont été utilisés, un même taureau n'étant utilisé que durant 2 campagnes consécutives.

(1) Composition (p.100) : céréales 74, tourteau de soja 23, minéraux 3, les 4 premières années. Céréales 44, pulpes 30, tourteau de soja 23, minéraux 3, les 2 dernières années.

Toutes les vaches qui n'étaient pas gestantes avant la fin de leur 6ème mois de lactation (Intervalle Vêlage-Vêlage - IVV >450 j) ou avant la fin du mois d'août (aucun vêlage n'étant autorisé entre les mois de juin et septembre) ont été considérées comme réformées pour cause expérimentale.

Aliments et rationnement

La ration de base a été composée essentiellement de fourrages de prairie naturelle dont l'un au moins était offert à volonté, en 2 repas par jour et récoltés au premier (ensilage) ou aux premier (foin) et deuxième (regain) cycles de végétation. Les ensilages ont été réalisés en moyenne au cours de la 3ème semaine de juin, les foins au cours de la 1ère quinzaine de juillet et les regains de la mi-août à la fin septembre. L'ensilage d'herbe en coupe directe (23 p.100 MS à l'utilisation) a été systématiquement additionné d'acide formique (3 l/tonne de fourrage vert) et se présentait sous forme de brins moyens (machines à double coupe). Son pH a été en moyenne de 4,0, sa teneur en azote ammoniacal rapporté à l'azote total de 7 p.100 et ses teneurs en acides lactique, acétique, propionique et butyrique ont été respectivement de 55, 19, 6 et 5 g/kg MS ; il peut donc être considéré comme étant de bonne qualité.

En fonction des quantités ingérées en début d'hiver et des valeurs nutritives des fourrages (tabl. 2), nous avons essayé d'obtenir des rations de base permettant la même production de lait en faisant varier les proportions de foin et de regain dans le lot « foin » (F), et de regain et d'ensilage dans le lot « mixte » (M) (dans les 2 cas, c'est le regain qui était offert en quantités limitées). En moyenne, dans ce dernier lot, le foin a représenté 40 p.100 de la matière sèche de la ration de base. Dans ces conditions, nous avons estimé que les rations de base permettaient une production de 7,5 kg de lait 4 p.100 pour l'ensemble des lots. Les niveaux de complémentation « haut » (H) et « bas » (B) étudiés pour les régimes « foin » et « ensilage » (E) ont correspondu à une différence de 5 kg de lait et se sont situés à $\pm$ 2,5 kg de lait de part et d'autre du niveau de production théoriquement permis par la ration de base. Pour les vaches en 2ème lactation et plus, la distribution de concentré a donc eu lieu au-dessus de 10 et 5 kg de lait dans le cas des niveaux B et H respectivement. On a estimé que ces niveaux étaient inférieurs de 5 kg de lait pour les primipares vêlant à 2 ans, et de 3 kg de lait pour celles vêlant à 3 ans. L'aliment concentré de type production (1) (1 UFL et 120 g PDI/kg brut) a été distribué à raison de 1 kg par tranche de 2,5 kg de lait brut au-dessus des niveaux précités.

Cette distribution a été prédéterminée au cours de la phase ascendante de production (HODEN, 1978) en fonction de la production initiale (PI = Production des 4, 5 et 6èmes jours de lactation) et, au cours de la phase descendante, en fonction de la production maximum observée, en admettant une persistance mensuelle de la production de 90 p.100 pour les adultes et de 93 p.100 pour les primipares. Des réajustements sur la production réelle ont cependant été possibles aux 14ème et 28ème semaines de la lactation. D'autre part, 200 g/j de minéraux (de type 14-14 avec oligoéléments) ont été distribués à tous les animaux. La préparation au vêlage a été identique pour tous les lots (respectivement 1,2 et 3 kg de concentré au cours des 3 dernières semaines de gestation).

TABLEAU 2

Composition chimique et valeur nutritive des aliments
(les valeurs entre parenthèses correspondent aux données extrêmes)

	Foins	Regains	Ensilages d'herbe	Aliment concentré
Matière sèche (%)	85,0 (83,0-86,3)	84,8 (82,5-86,6)	22,7(1) (20,7-28,1)	92,0
Matières azotées totales (% MS)	11,8 (10,2-13,9)	15,4 (14,2-16,3)	14,2 (12,1-14,7)	19,0
Cellulose brute (% MS)	31,8 (30,6-33,1)	26,5 (24,7-30,0)	30,1 (29,0-31,0)	6,6
Digestibilité de la matière organique (%)	59,4 (57,8-60,6)	65,5 (58,8-68,1)	69,0 (66,2-71,5)	-
UFL/kg MS	0,67 (0,64-0,69)	0,76 (0,66-0,79)	0,78 (0,71-0,83)	1,09
PDIN g/kg MS	74 (63-86)	95 (88-101)	83 (67-91)	130
PDIE g/kg MS	76 (72-83)	90 (87-94)	82 (70-90)	130

(1) Matière sèche corrigée pour les pertes à l'étuve.

Durant la saison d'herbe, tous les animaux ont été conduits en un seul troupeau sur un pâturage tournant de prairie naturelle (HODEN *et al.*, 1975). Le nombre de parcelles pâturées a varié de 7 à 12 selon la saison, de manière à ce que le temps de séjour par parcelle ne dépasse pas 4 jours et que le temps de repos de l'herbe atteigne 3 semaines au printemps et 5 à 6 semaines en été. Le chargement a varié de 3,5 vaches par hectare au printemps à 1,5 vache en fin d'été.

Mesures

La quantité de lait produite a été pesée individuellement à chaque traite et les taux butyreux et de matières azotées ont été déterminés 1 fois par semaine sur un échantillon moyen des 2 traites consécutives d'une même journée.

Les quantités ingérées d'aliments concentrés ont été mesurées individuellement tous les jours et celles de fourrages 2 jours consécutifs toutes les 2 semaines au cours de la période hivernale. Les teneurs en MS ont été déterminées simultanément 2 fois par semaine.

Les animaux ont été pesés les 4ème et 5ème jours après le vêlage, au cours des 5ème, 6ème et 7ème semaines de lactation, puis 2 jours consécutifs avant la mise à l'herbe, après la mise à l'herbe et avant la rentrée à l'étable.

La composition chimique des foins a été analysée à la récolte, puis 1 à 3 fois au cours de l'année. Celle des ensilages a été effectuée 4 à 5 fois par silo et un bilan de conservation a été réalisé pour chaque silo. La digestibilité de tous les fourrages a été estimée sur des moutons, au cours de périodes de mesure d'une semaine.

Les conditions météorologiques ont été relevées tous les jours. La température moyenne sous abri annuelle a varié de -0,5°C en janvier à 12,9°C en juillet (6,8°C en moyenne annuelle). La pluviométrie a été relativement élevée (1105 mm / an) et bien répartie sur l'année. Les mois de juin et juillet présentent cependant des risques exceptionnels de sécheresse (3 mm en juin 1976, 14 mm en juillet 1979).

Dépouillement des résultats et interprétation statistique

A partir des 548 vêlages concernant 190 vaches ayant eu lieu au cours des 6 années d'expériences (20 / 10 / 74 au 4 / 11 / 80), et sur la quasi totalité desquels a été réalisée une étude globale de caractère technico-économique selon la méthode proposée par LIENARD, nous avons effectué divers tris selon le type de variables analysées et les objectifs recherchés :

- en premier lieu, pour l'étude des résultats concernant l'état sanitaire et la réforme, nous avons éliminé les 61 vêlages consécutifs à des IVV supérieurs à 450 j ou ayant eu lieu entre juin et septembre qui n'ont de ce fait pas été suivis de lactations expérimentales ;

- dans un 2ème temps, afin d'analyser de manière plus précise les données de production et de composition du lait à l'échelle de la lactation complète, nous n'avons retenu, parmi l'ensemble des lactations expérimentales, que celles dont la durée était comprise entre 260 et 350 j (n = 338) ;

- ensuite, dans le but de dégager les effets propres de traitements hivernaux sur la production et la composition du lait, les quantités ingérées et les évolutions de poids vif, nous avons effectué une étude portant sur les lactations ayant débuté avant le

1er février et présentant donc au moins 14 semaines de lactation hivernale (n = 211) ;

- enfin, nous avons réalisé une étude particulière de l'effet de la mise à l'herbe et de la période de pâturage sur la production et la composition du lait. Pour cela, nous n'avons retenu que les lactations ayant débuté avant le 1er mars et ayant au moins 12 semaines de durée à l'herbe de façon à disposer d'une période de référence au pâturage suffisamment longue durant la phase décroissante de la lactation (n = 291).

Ce choix nous a contraint à travailler sur des effectifs différents selon l'analyse effectuée. Nous nous sommes cependant assurés qu'il n'avait pas introduit de biais majeurs dans l'interprétation des résultats ; cela a permis d'une part d'utiliser le maximum d'animaux possible et d'autre part de dégager les effets propres de chaque période et des traitements expérimentaux.

L'étude statistique des résultats a été réalisée par analyse de variance-covariance (SEEBECK, 1976) permettant de prendre en compte pour chaque analyse, l'ensemble des traitements expérimentaux (regroupés ou non selon le niveau de concentré ou le type de ration) et des facteurs liés à l'animal (numéro de lactation et race) ou à l'année d'expérience.

D'autre part, un premier examen des données a montré que le potentiel des animaux, estimé d'après la production intiale (PI) (1), n'était pas identique selon les lots puisque celle-ci a varié de 15,5 à 17,0 kg (tabl. 3). On peut penser qu'elle a été peu affectée, dans nos conditions expérimentales, par les traitements (HODEN et JOURNET, 1971) d'autant plus que ce sont les lots « haut » qui ont présenté la PI la plus faible (15,7 contre 16,7 pour les lots « bas ») en raison essentiellement des primipares (12,4 contre 13,7) pour lesquelles il est toujours difficile d'évaluer le potentiel. Nous avons donc décidé, pour tenir compte le mieux possible de ces écarts et limiter le biais qu'ils pouvaient entraîner dans l'interprétation des résultats, d'introduire, dans toutes les analyses, la production initiale comme covariable pour les traitements expérimentaux (mais pas pour les facteurs numéro de lactation, race et année). L'ensemble des résultats figurant dans les tableaux 4 à 8 sont donc des valeurs estimées par l'analyse de variance ; les données regroupées dans les figures représentant les valeurs en moyennes arithmétiques (donc non ajustées par l'analyse de variance).

Résultats

1. Production laitière

En moyenne, les animaux ont produit, en 295 jours de lactation, 4161 kg de lait à 37,9 et 32,5 g p.1000 de matières grasses et azotées respectivement (tabl. 3). La production laitière a été maximale en 5ème semaine de lactation (fig. 2) et a ensuite diminué de manière linéaire jusqu'en 16ème semaine (persistance mensuelle de 91 p.100). La mise à l'herbe qui est intervenue ensuite a entraîné des modifications importantes de l'évolution de la production et de la composition du lait. Entre les périodes avant (semaines -2, -3 et -4 : P1) et après (semaines 2, 3 et 4 : P2) la mise à l'herbe, la production laitière et les taux butyreux et azoté ont augmenté respectivement de 0,9 kg/j, 2,4 g p.1000 et 3,5 g p.1000. La persistance mensuelle de production entre la 3ème et la 11ème semaine de pâturage a été de 85 p.100.

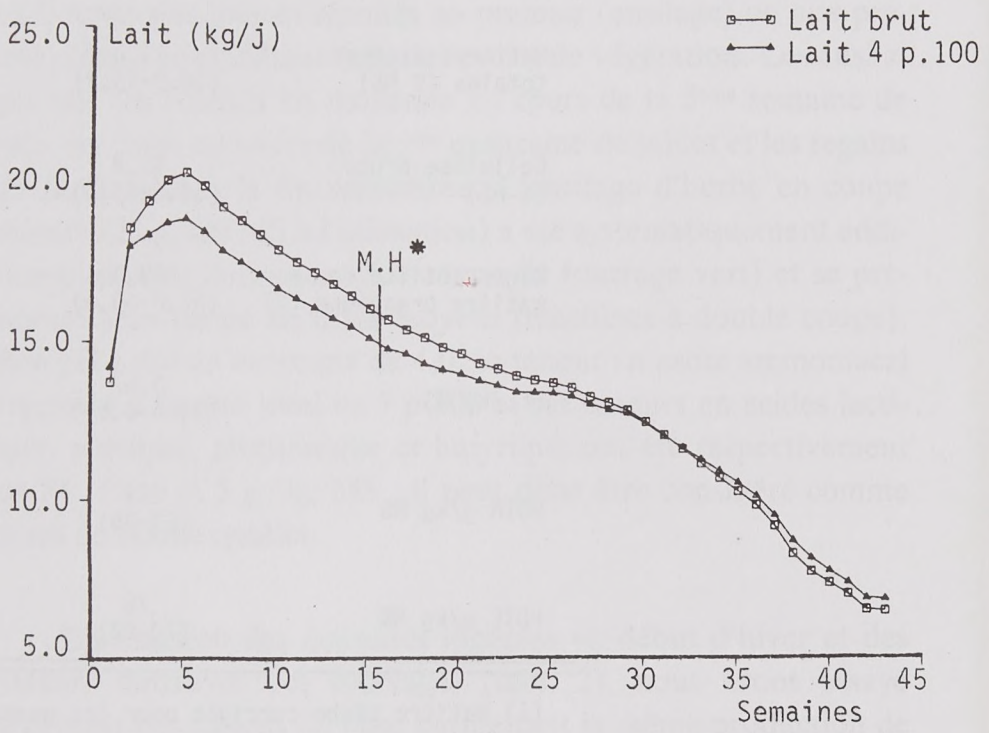


FIG. 2 : *Evolution de la production laitière au cours de la lactation* (n = 338)

a) Effet des traitements expérimentaux

Durant la période hivernale, comme au cours de la lactation complète, les animaux recevant du foin ont eu des performances au moins aussi élevées que ceux recevant de l'ensilage d'herbe, tout en produisant un lait plus riche en protéines.

- Au cours des 14 premières semaines de lactation (tabl.4), les animaux recevant du foin (lots FB et FH) ont produit 39 kg de plus (soit 0,4 kg/j ; $P < 0,05$) d'un lait plus riche en matières azotées (+ 0,6 g p.1000 ; $P < 0,05$) que ceux recevant de l'ensilage (lots EB et EH). Les taux butyreux ont été identiques pour les 2 types de ration. Les animaux recevant la ration mixte (lot MB) ont produit, à même niveau de concentré, autant de lait que ceux recevant du foin (FB) et 127 kg de plus que ceux recevant de l'ensilage (EB). Leur lait a cependant été moins riche en matières grasses (-0,5 g p.1000 ; $P > 0,05$) et surtout en matières azotées (-0,8 g p.1000 ; $P < 0,05$).

- A la mise à l'herbe (tabl. 6), survenue en moyenne en 16ème semaine de lactation, l'augmentation de production laitière a été plus importante pour les animaux recevant de l'ensilage que pour ceux recevant du foin (+ 1,4 contre + 0,4 kg entre les périodes P1 et P2 ; $P < 0,01$) de même que l'augmentation du taux azoté (+ 4,3 g p.1000 contre + 2,8 ; $P < 0,01$).

En définitive, à l'échelle de la lactation (tabl. 5), l'effet du type de ration offert au cours de l'hiver est faible (+ 42 kg de lait à l'avantage des animaux recevant du foin, soit 1 p.100). Le taux azoté reste cependant supérieur (+ 0,6 g p.1000 ; $P < 0,01$) chez les animaux recevant du foin.

(1) Chez les animaux des lots « haut » (qui ont le mieux réalisé leur potentiel) les liaisons entre la production initiale (x) et les productions totales (Y1) ou des 14 premières semaines de lactation (Y2) sont les suivantes :

$Y1 = 1825 + 151,3 \times \pm 531$; n = 122 ; R = 0,74

$Y2 = 451,5 + 87,6 \times \pm 160$; n = 65 ; R = 0,90

TABLEAU 3

Production et composition du lait selon les traitements
(Moyennes arithmétiques sur la lactation)

	Lot					Numéro de lactation			Race		Total ou moyenne
	FB	FH	EB	EH	MB	1	2	3 et +	FF	MO	
Effectif	73	66	66	56	77	98	81	159	160	178	338
dont primipares (%)	28,8	31,8	28,8	32,1	24,7	100	-	-	28,8	29,2	29,0
Par lactation :											
Durée (j)	294	299	296	296	294	294	295	296	297	294	295
Lait (kg)	4230	4202	3973	4249	4157	3844	4187	4344	4300	4036	4161
Lait 4 p.100 (kg)	4102	4095	3827	4102	3992	3715	4055	4194	4173	3886	4022
Taux butyreux (g/kg)	38,2	38,4	37,5	37,9	37,5	37,9	38,1	37,8	38,2	37,6	37,9
Taux azoté (g/kg)	32,7	33,3	32,2	32,5	31,9	32,5	32,6	32,4	32,0	33,0	32,5
Concentré (kg MS)	406	579	356	604	408	548	464	410	528	405	463
Production initiale (kg/j)	16,9	16,0	16,4	15,4	16,2	13,1	17,0	17,7	16,9	15,5	16,2
Poids vif au vêlage (kg)	542	552	555	531	549	518	535	569	528	563	546

TABLEAU 4

Effet des traitements, du numéro de lactation de la race et de l'année sur la production et la composition du lait des 14 premières semaines de lactation hivernales
(Moyennes estimées - n = 211)

La production initiale a été introduite comme covariable pour les traitements expérimentaux

		Lait (kg/j)	Lait 4 p.100 (kg/j)	Taux butyreux (g/kg)	Taux azoté (g/kg)
LOT	FB	17,4	16,4	36,5	31,3
	FH	18,5	17,5	36,7	31,8
	EB	16,1	15,1	36,2	30,9
	EH	18,9	17,8	36,7	31,1
	MB	17,4	16,3	35,9	30,3
		**(1)0,8	** 0,8	NS	** 0,8
	FB+FH	17,8	16,9	36,6	31,6
	EB+EH	17,4	16,4	36,5	31,0
		NS	*	NS	**
	FB+EB	16,6	15,7	36,4	31,1
	FH+EH	18,6	17,6	36,7	31,4
		**	**	NS	NS
NUMERO DE LACTATION	1	15,9	15,0	36,2	31,0
	2	17,7	16,7	36,4	31,1
	3 et +	19,2	18,2	36,5	31,2
		** 1,2	** 1,0	NS	NS
RACE	FF	18,5	17,5	37,0	30,9
	MO	16,8	15,7	35,9	31,2
		** 0,8	** 0,8	** 0,8	NS
ANNEE	1	17,6	16,7	36,6	31,4
	2	17,8	17,2	38,1	32,0
	3	17,5	17,0	38,2	30,9
	4	16,4	15,2	35,1	30,9
	5	19,2	18,0	36,3	30,1
	6	17,1	15,6	34,2	31,2
		* 1,6	** 1,4	** 1,2	** 1,0
MOYENNE GENERALE		17,6	16,6	36,4	31,1

(1) Seuil de signification (NS : non significatif ; * p < 0,05 ; ** : p < 0,01) et valeur de la PPDS à 5 p.100

TABLEAU 5

Effet des traitements, du numéro de la lactation, de la race et de l'année sur la production et la composition du lait sur la lactation complète
(Moyennes estimées - n = 338)
La production initiale a été introduite comme covariable pour les traitements expérimentaux

		Lait (kg)	Lait 4 p.100 (kg)	Taux butyreux (g/kg)	Taux azoté (g/kg)	Concentré (kgMS)
LOT	FB	4147	4029	38,4	32,7	412
	FH	4245	4133	38,3	33,2	597
	EB	3948	3805	37,6	32,2	366
	EH	4368	4200	37,6	32,4	633
	MB	4173	4008	37,6	31,8	444
		**(1)196	** 184	NS	** 0,6	
	FB+FH	4203	4089	38,3	32,9	506
	EB+EH	4161	4008	37,6	32,3	500
		NS	NS	*	**	
	FB+EB	4052	3923	38,0	32,5	391
	EH+EH	4312	4173	38,0	32,8	615
		**	**	NS	NS	
NUMERO DE LACTATION	1	3867	3733	37,9	32,4	558
	2	4183	4056	38,2	32,6	458
	3 et +	4363	4213	37,8	32,5	432
		** 208	** 190	NS	NS	
RACE	FF	4269	4146	38,3	32,0	540
	MO	4006	3856	37,5	33,0	425
		**	**	**	**	
ANNEE	1	4124	4031	38,6	32,8	455
	2	3957	3915	39,4	32,9	443
	3	4023	3987	39,5	32,3	465
	4	4045	3827	36,4	32,6	463
	5	4380	4195	37,4	31,8	534
	6	4295	4047	36,4	32,5	536
		* 280	NS	** 1,0	NS	
MOYENNE GENERALE		4176	4035	37,9	32,5	491

(1) Seuil de signification et valeur de la PPDS à 5 p.100

Malgré l'effet compensateur très important de la période de pâturage, les animaux complémentés faiblement durant l'hiver ont produit sur l'ensemble de la lactation 260 kg de lait de moins que ceux recevant un haut niveau de concentré.

- En moyenne, au cours des 14 premières semaines de lactation hivernale des apports de concentré supérieurs (177 kg de MS) ont entraîné un accroissement de la production de 196 kg ($P < 0,01$), la composition du lait n'ayant pas été modifiée. L'effet favorable du niveau de concentré offert s'est cependant amplifié au cours de l'hiver (fig. 3) : la différence de production est passée de 1,4 kg/j au pic de lactation à 2,5 kg juste avant la mise à l'herbe (tabl. 6). De même, en fin d'hiver, le lait des animaux recevant le niveau H a simultanément été plus riche en matières grasses (+ 0,9 p.1000 ; $P < 0,05$) comme en matières azotées (+ 1,1 g p.1000 ; $P < 0,01$).

- A la mise à l'herbe (fig. 4), l'augmentation de production laitière a été beaucoup plus importante pour les animaux recevant le niveau B de concentré que pour ceux recevant le niveau H (+ 1,6 kg contre + 0,1 kg entre les périodes P1 et P2 ; $P < 0,01$). Chez ces derniers, la production laitière a d'autre part décru plus rapidement au pâturage de sorte qu'en 11ème semaine de pâturage, il n'y avait plus d'écart significatif de production entre les différents lots. Le lot MB a réagi à la mise à l'herbe d'une manière semblable à celle des lots recevant un bas niveau de concentré. Chez ces animaux (lots FB, EB et MB) les taux butyreux et azotés ont augmenté plus fortement ($P < 0,05$) à la mise à l'herbe (respectivement + 3,1 et + 4,1 g p.1000) que chez ceux des lots FH et EH (respectivement + 1,8 et + 3,1 g p.1000).

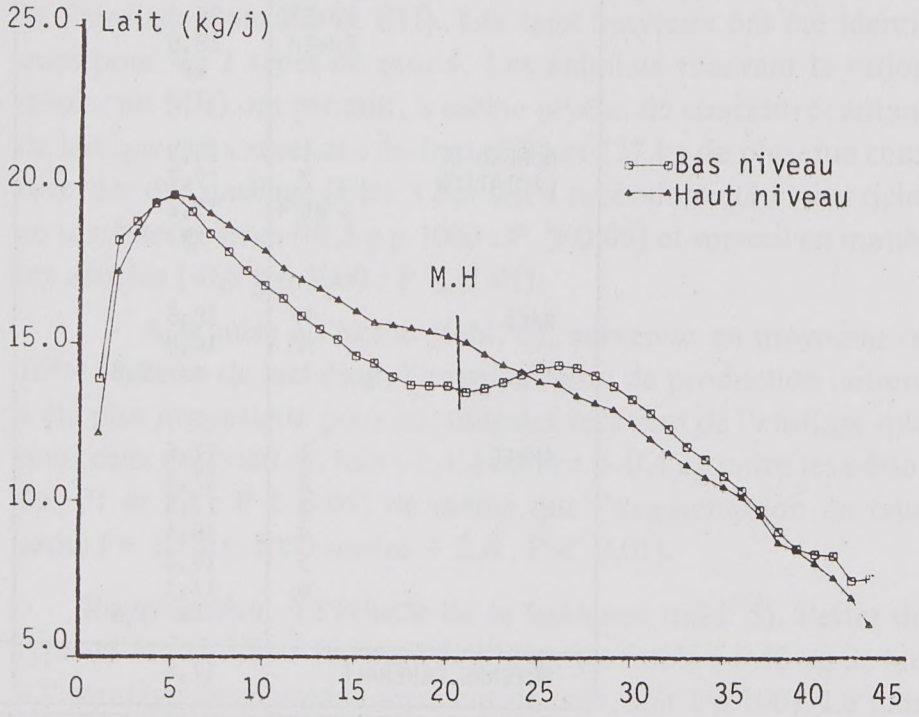


FIG. 3 : *Evolution de la production laitière selon le niveau de concentré chez les animaux ayant au moins 14 semaines de lactation hivernales* (n = 157)

TABLEAU 6

Effet des traitements expérimentaux, du numéro de lactation, de la race et de l'année sur la production (kg / j) et la composition du lait (g / kg) avant et après la mise à l'herbe
(Moyennes estimées - n = 291)

Toutes les variables ont été ajustées en fonction du stade de lactation à la mise à l'herbe.
La production initiale a été introduite comme covariable pour les traitements expérimentaux.

Périodes (1)		P1			P2			P3		
		Lait	Tx Buty.	Tx Az.	Lait	Tx Buty.	Tx Az.	Lait	Tx Buty.	Tx Az.
LOT	FB	14,8	35,9	30,8	15,9	39,0	33,8	12,0	39,6	32,7
	FH	16,6	37,0	31,9	16,3	38,7	34,3	11,8	40,0	33,2
	EB	12,8	35,6	29,5	14,9	38,2	34,3	11,3	40,0	33,4
	EH	16,0	36,4	30,7	16,6	38,2	34,4	11,9	40,0	33,2
	MB	14,6	34,7	29,1	15,8	38,0	33,7	12,0	39,3	32,6
		** 0,8	** 1,2	** 0,8	** 0,8	NS	NS	NS	NS	NS
	FB+FH	15,7	36,5	31,3	16,1	38,9	34,1	11,9	39,8	32,9
	EB+EH	14,4	36,0	30,1	15,8	38,2	34,4	11,6	40,0	33,3
		**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	FB+EB	13,8	35,8	30,2	15,4	38,6	34,1	11,7	39,8	33,0
	FH+EH	16,3	36,7	31,3	16,4	38,5	34,4	11,8	40,0	33,2
		**	*	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
NUMERO DE LACTATION	1	14,2	35,5	30,8	14,8	38,5	34,2	11,1	39,2	32,8
	2	15,0	36,5	30,3	16,2	38,2	34,3	11,8	40,1	33,4
	3 et +	15,5	35,8	30,1	16,6	38,8	33,9	12,4	40,1	33,0
		** 1,0	NS	* 0,6	** 0,8	NS	NS	** 0,7	NS	NS
RACE	FF	15,8	36,7	30,4	16,4	39,0	33,9	11,9	40,3	32,2
	MO	14,0	35,2	30,4	15,4	37,9	34,3	11,6	39,3	33,9
		**	**	NS	**	**	NS	NS	*	**
ANNEE	1	15,1	36,8	30,9	15,6	39,3	34,0	12,6	40,7	33,3
	2	15,7	38,1	30,4	16,3	40,7	34,3	10,1	41,9	32,1
	3	14,3	36,9	30,0	15,7	39,9	33,9	11,9	40,6	32,6
	4	14,3	34,3	30,4	15,5	36,5	33,9	11,4	38,6	34,0
	5	15,0	35,8	30,1	16,1	38,0	33,6	12,0	38,2	32,8
	6	15,0	33,7	30,6	16,2	36,5	35,0	12,6	38,8	33,4
		NS	** 1,4	NS	NS	** 1,4	** 0,8	** 1,0	** 1,5	** 1,0
MOYENNE GENERALE		14,9	35,9	30,4	15,9	38,4	34,1	11,8	39,8	33,0

(1) P1 = semaines -4, -3 et -2 avant la mise à l'herbe
P2 = semaines 2, 3 et 4 après la mise à l'herbe
P3 = semaines 10, 11 et 12 après la mise à l'herbe

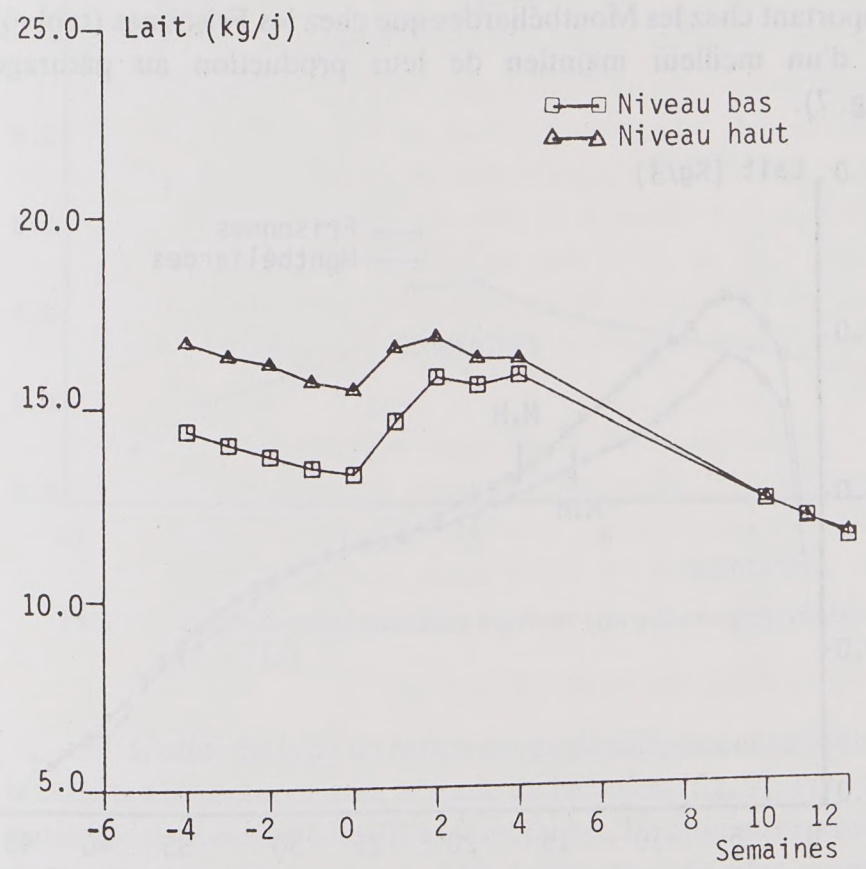


FIG. 4 : *Evolution de la production laitière autour de la mise à l'herbe selon le niveau de concentré* (n = 225)

- En définitive, à l'échelle de la lactation complète les animaux des lots « haut » n'ont produit que 6 p.100 de lait en plus que ceux des lots bas (FB + EB).

Il existe en fait une interaction significative entre le type de ration et le niveau de concentré. Au cours des 14 premières semaines de lactation, la quantité de concentré offerte a entraîné une plus forte augmentation de la production laitière chez les animaux recevant de l'ensilage (+ 274 kg) que chez ceux recevant du foin (+ 108 kg). A l'échelle de la lactation les différences deviennent respectivement + 420 et + 98 kg de lait.

- Toutes choses étant égales par ailleurs, et pour des vêlages s'étalant d'octobre à février, les animaux ont d'autant plus augmenté leur production laitière au moment de la mise à l'herbe qu'ils étaient à un stade plus avancé de lactation ; la réponse à la mise à l'herbe (augmentation de la production entre les périodes P1 et P2) augmente de 0,7 kg ($P < 0,01$) par mois de lactation. La production laitière des animaux ayant vêlé en novembre a ainsi augmenté de 2 kg à la mise à l'herbe alors que celle des animaux ayant vêlé en février n'augmentait pratiquement pas (fig. 5).

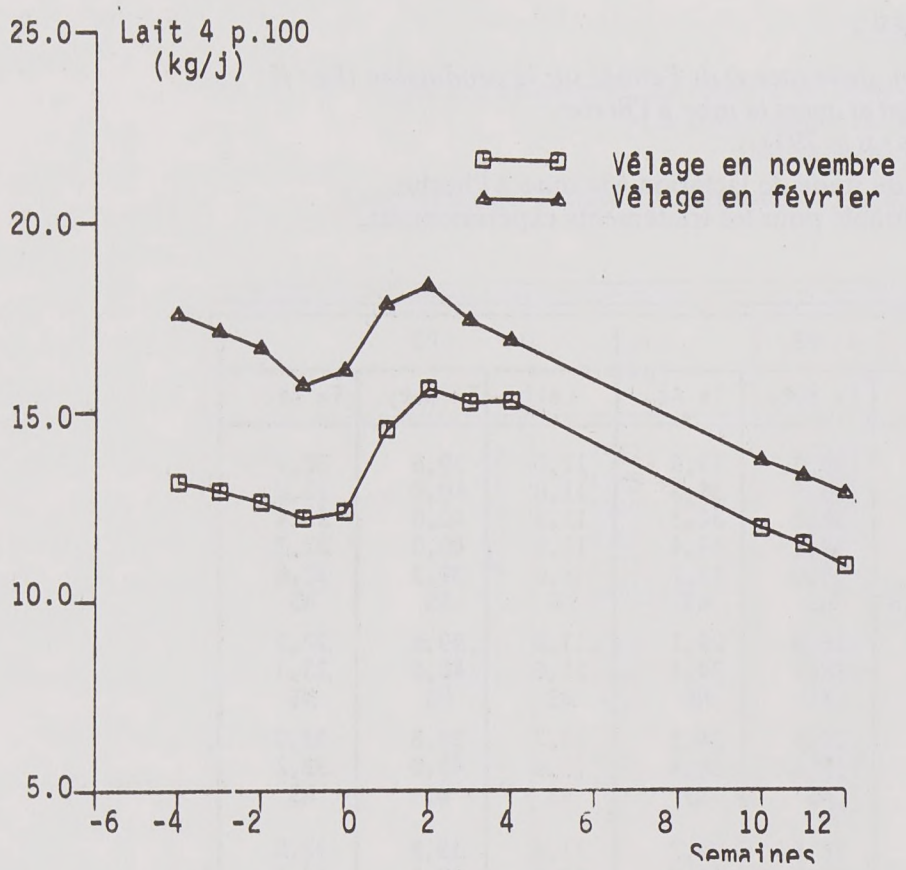


FIG. 5 : *Evolution de la production laitière autour de la mise à l'herbe selon la saison de vêlage* (n = 111)

b) Effets de l'année, du numéro de lactation et de la race

Les vaches multipares n'ont produit qu'environ 10 p.100 de lait de plus que les primipares. Les animaux de type Pie Noir ont produit 7 p.100 de plus d'un lait plus riche en matières grasses (+ 0,8 g p.1000) mais plus pauvre en matières azotées (-1 g p.1000) que ceux de race Montbéliarde.

- La production laitière a peu varié au cours des 4 premières années d'essai (3957 à 4124 kg - tabl. 5) : elle a été supérieure au cours des 2 dernières années (respectivement 4380 et 4295 kg) soit pour des raisons favorables liées à la conduite alimentaire (hiver en année 5, été en année 6), soit pour des effets dus à l'amélioration génétique du troupeau. En fait si l'on tient compte des différences de potentiel des animaux entre les années (estimées par les niveaux de production initiale) on n'observe plus de différences de production sur les 14 premières semaines de lactation ; sur l'ensemble de la lactation on observe toujours une production supérieure au cours des 3 dernières années et surtout au cours de la dernière (+ 215 kg par rapport aux 5 autres). Cette différence disparaît lorsque l'on considère le lait 4 p.100 en raison d'une diminution des taux butyreux au cours des 3 dernières années (-2,6 g p.1000 par rapport aux 3 premières années ; $P < 0,01$), peut être en liaison avec l'apparition dans le troupeau d'animaux croisés Holstein à partir de cette époque. En dehors de l'année 1976 (année 2) où la chute de production laitière entre la 3ème et la 11ème semaine de pâturage a été très importante (-6,2 kg, soit une persistance mensuelle de 79 p.100) en raison de la sécheresse estivale et s'est accompagnée d'une forte chute du taux azoté (-2,2 g p.1000), il n'y a pas eu de différence très importante d'une année à l'autre concernant la période de pâturage (tabl. 6).

- Sur l'ensemble de la lactation, les primipares ont produit 316 kg de lait de moins que les vaches en 2ème lactation ($P < 0,01$) et 496 kg de lait de moins que celles en 3ème lactation et plus ($P < 0,01$) (tabl. 5). Cette différence se crée principalement durant la phase croissante de production (fig. 6) ; alors qu'au pic les primipares produisaient 4,6 kg/j de moins que les vaches en 3ème lactation et plus, la différence n'est plus que de 1,3 kg en fin d'hiver en raison d'une persistance mensuelle supérieure chez les primipares (93 p.100 au cours des semaines 5 à 16 contre 89 p.100 pour les vaches en 3ème lactation et plus). La mise à l'herbe a eu un effet bénéfique immédiat plus important chez les multipares que chez les primipares mais ces dernières ont eu une persistance supérieure par la suite. Il n'y a pas eu de différence de composition du lait entre les animaux selon leur numéro de lactation.

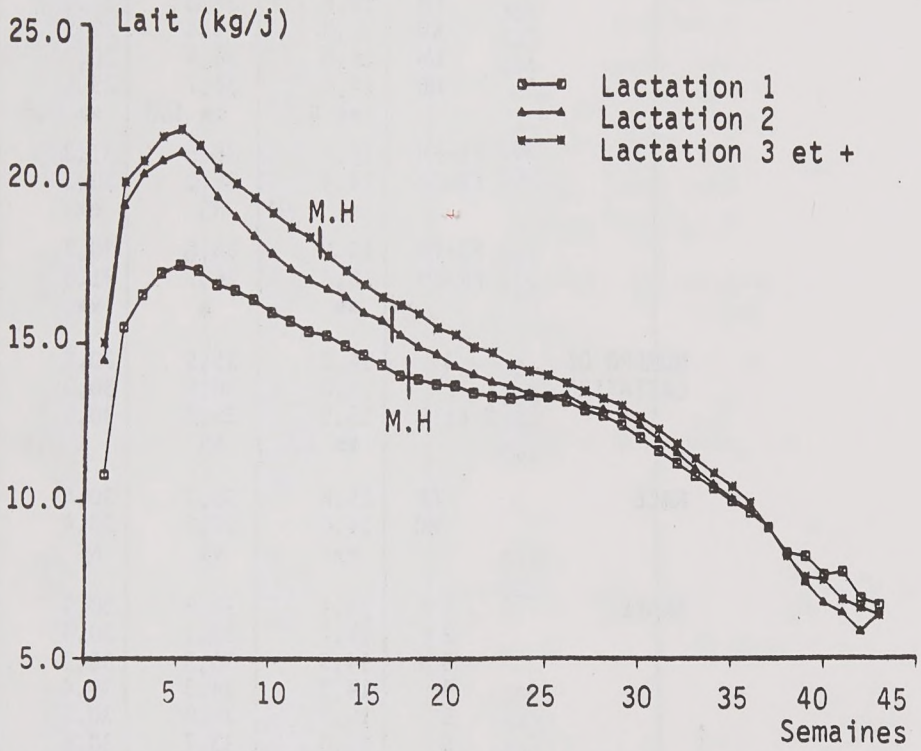


FIG. 6 : *Evolution de la production laitière selon le numéro de lactation* (n= 338)

- Sur l'ensemble de la lactation (tabl. 5) les animaux de type Pie Noir ont produit 263 kg de lait de plus que ceux de race Montbéliarde ($P < 0,01$). Cette différence se crée exclusivement en hiver (+ 1,7 kg/j pendant les 14 premières semaines de lactation hivernales ; $P < 0,01$; tabl. 4), et disparaît en milieu d'été (+ 0,3 kg/j onze semaines après la mise à l'herbe ; $P > 0,05$), en raison d'un effet bénéfique immédiat de la mise à l'herbe plus important chez les Montbéliardes que chez les Frisonnes (tabl. 6) et d'un meilleur maintien de leur production au pâturage (fig. 7).

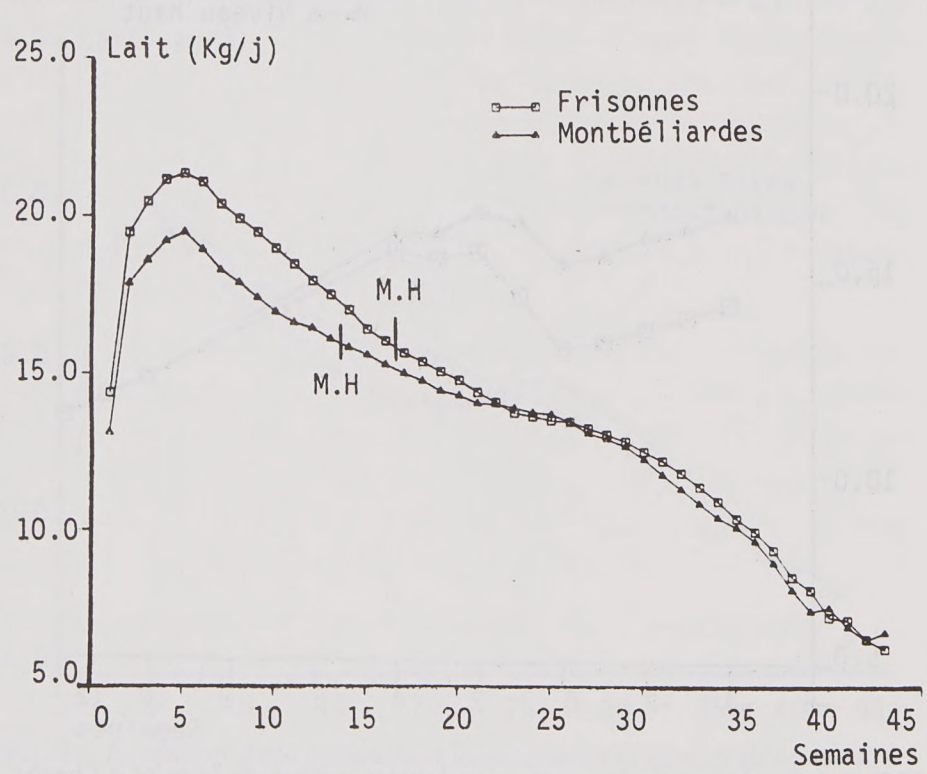


FIG. 7 : *Evolution de la production laitière selon la race* (n= 338)

La composition du lait a été différente d'une race à l'autre : les vaches Frisonnes ont produit un lait plus riche en matières grasses aussi bien en période hivernale (37,0 g p.1000 contre 35,9 ; $P < 0,01$) qu'au pâturage (40,3 g p.1000 contre 39,3 ; $P < 0,05$). Par contre, le lait des vaches Montbéliardes a été plus riche en matières azotées, mais uniquement durant la période estivale (+ 1,7 g p.1000 ; $P < 0,01$). En hiver les taux azotés ont été semblables dans les 2 races (31,2 g p.1000 contre 30,9).

2. Quantités ingérées

A même apport d'aliment concentré, les animaux recevant de l'ensilage ont ingéré environ 2 kg / j de MS de moins que ceux recevant du foin. L'efficacité marginale du concentré a été 2 fois plus élevée avec l'ensilage qu'avec le foin.

En moyenne, tous traitements confondus, les quantités de MS totale ingérées sont passées de 11 kg / j en dernière quinzaine de gestation à 15,5 kg (+ 41 p.100) en 3ème quinzaine de lactation, stade auquel elles ont été maximales (fig. 8). Elles ont ensuite décru, parallèlement à l'apport d'aliment concentré, qui a représenté, en moyenne sur les 14 premières semaines de lactation, 26 p.100 de la ration totale, et au maximum 30 p.100, en 3ème quinzaine de lactation. Les quantités de fourrage ingérées ont augmenté de 28 p.100 entre la dernière quinzaine de gestation (8,9 kg MS) et la 6ème quinzaine de lactation où elles ont été maximales (11,3 kg MS / j). Ces niveaux d'ingestion ainsi que leur évolution présentent cependant des variations importantes en fonction principalement des traitements hivernaux mais aussi du numéro de lactation, de la race et de l'année (tabl. 7).

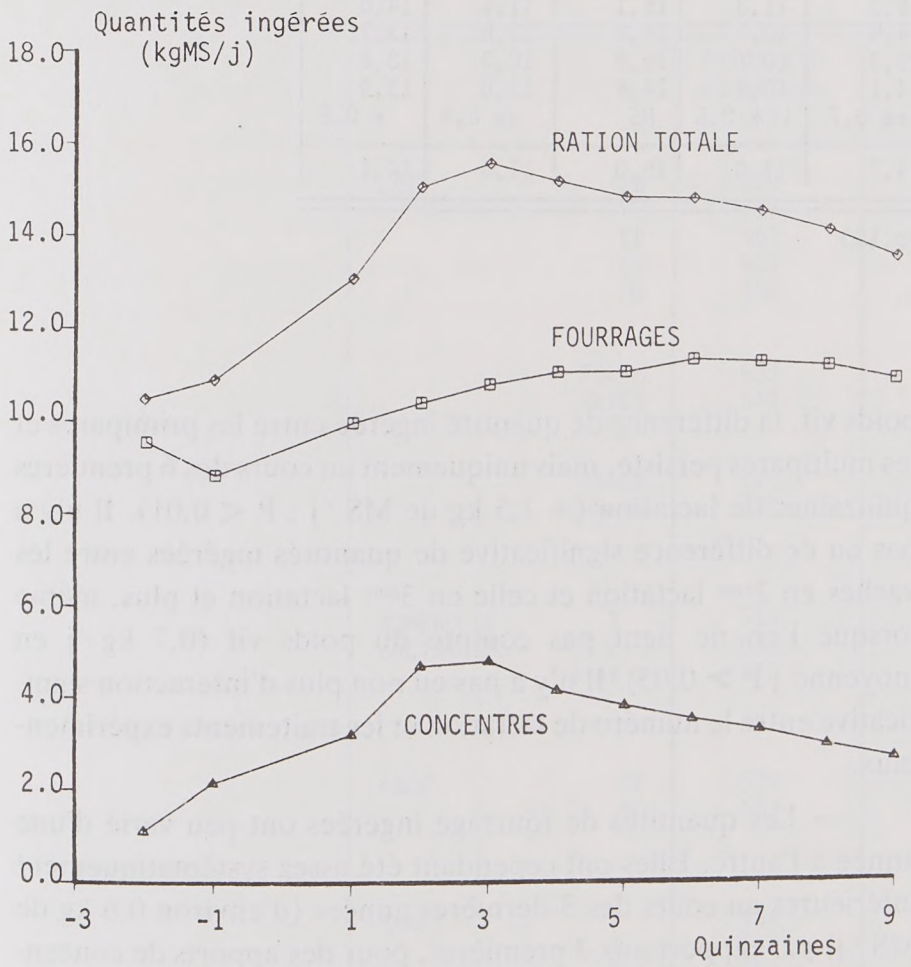


FIG. 8 : *Evolution des quantités ingérées* (moyennes générales) (n = 211)

- L'effet du type de ration est particulièrement sensible et les écarts s'accentuent avec le stade de lactation (fig. 9). Pour des quantités de concentré ingérées semblables, les animaux recevant du foin ont ingéré 0,6 kg de MS de fourrage de plus avant le vêlage que ceux recevant de l'ensilage, et 2,6 kg de plus au cours du 4ème mois de lactation. Le régime mixte (à bas niveau de concentré) s'est situé à un niveau intermédiaire entre les 2 rations pures.

- En moyenne, pour l'ensemble des rations ne comportant qu'un seul fourrage, au cours des 9 premières quinzaines de lactation, les animaux des lots hauts (32 p.100 de concentré dans la ration totale) ont ingéré 0,6 kg de MS de fourrage de moins mais 1,3 kg de MS totale de plus que ceux des lots bas (21 p.100 de concentré dans la ration totale). Dans ces conditions, le taux de substitution moyen a été de 0,32. Il a été plus élevé chez les animaux recevant du foin (0,48) que chez ceux recevant de l'ensilage (0,25), principalement au cours des quinzaines 7 à 9. Les animaux du lot MB ont ingéré en moyenne des quantités de MS totale pratiquement intermédiaires à celles des lots EB et FB.

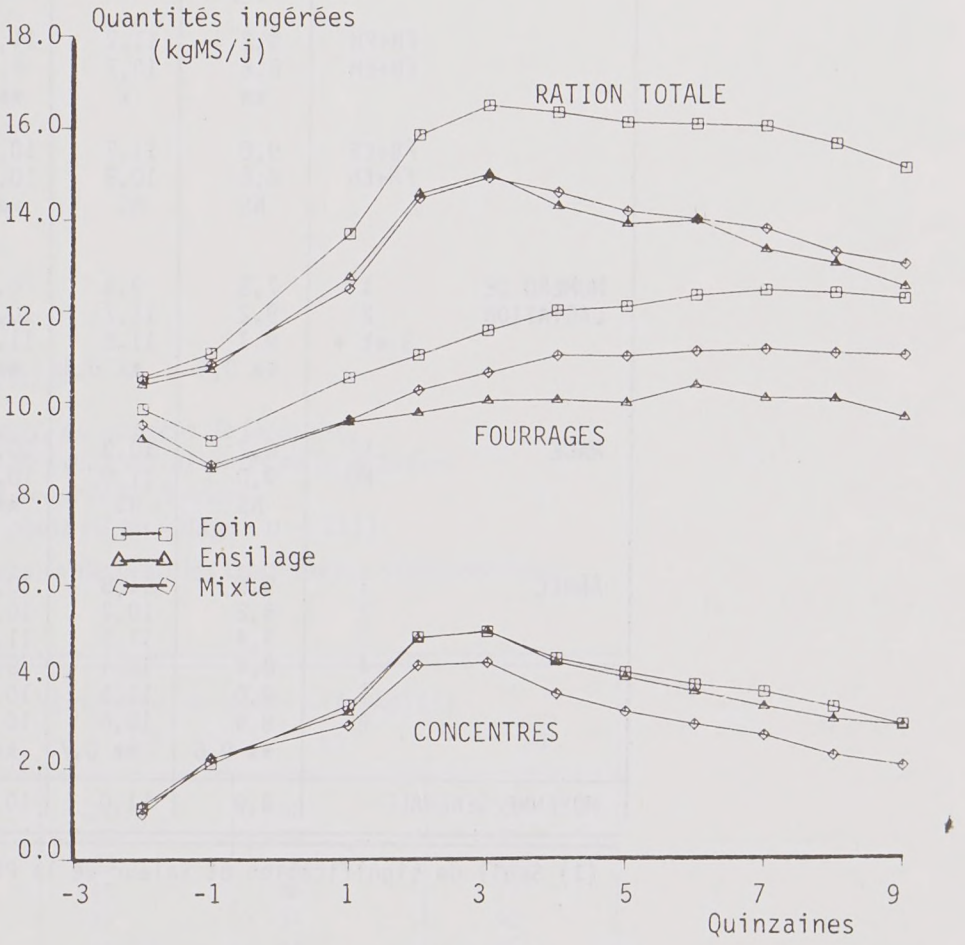


FIG. 9 : *Evolution des quantités ingérées selon le type de ration*

- Chez les animaux ayant vêlé avant le 1er février, et compte tenu des différences de production initiale, la réponse marginale de production laitière hivernale (sur les 14 premières semaines de lactation) a été en moyenne de 1,1 kg de lait 4 p.100 par kg de MS de concentré supplémentaire soit de 1,2 kg de lait 4 p.100 par UFL ingérée supplémentaire. Mais, comme on l'a vu précédemment, il existe en fait une interaction importante entre le type de ration et le niveau de concentré. Ainsi, les réponses marginales sont respectivement de 1,4 et 0,7 kg de lait 4 p.100 par kg de MS de concentré supplémentaire pour les rations à base d'ensilage et de foin (soit 1,5 et 0,9 par UFL ingérée supplémentaire). A l'échelle de la lactation complète, les animaux recevant de l'ensilage ont produit 1,7 kg de lait 4 p.100 de plus par kg de MS de concentré supplémentaire contre 0,8 kg pour ceux recevant du foin.

A même poids et à même potentiel, les vaches Montbéliardes et Frisonnes ont une capacité d'ingestion identique. Les vaches primipares ingèrent en moyenne 1,7 kg de MS / j de moins que les multipares.

TABLEAU 7

Effet des traitements expérimentaux, du numéro de lactation, de la race et de l'année sur les quantités ingérées de ration de base (RB, kg MS / J) et de ration totale (RT, kg MS / J)
(Moyennes estimées - n = 199)
La production initiale a été introduite comme covariable pour les traitements expérimentaux

Quinzaines par rapport au vêlage		- 1		1 à 3		4 à 6		7 à 9	
		RB	RT	RB	RT	RB	RT	RB	RT
LOT	FB	9,4	11,4	11,5	15,3	12,5	15,8	12,8	15,2
	FH	9,1	11,1	10,8	15,9	11,7	16,8	11,8	16,3
	EB	8,7	11,0	10,0	13,7	10,3	13,2	10,1	12,0
	EH	8,6	10,5	9,5	14,6	9,7	15,0	9,6	14,1
	MB	8,7	10,8	10,2	14,0	10,8	14,1	10,7	13,2
		*(1)0,6	NS	** 0,6	** 0,6	** 0,4	** 0,6	** 0,4	** 0,6
	FB+FH	9,2	11,2	11,1	15,6	12,2	16,3	12,3	15,7
	EB+EH	8,6	10,7	9,8	14,1	10,0	14,1	9,8	13,0
		**	*	**	**	**	**	**	**
	FB+EB	9,0	11,2	10,7	14,5	11,4	14,4	11,4	13,6
	FH+EH	8,8	10,8	10,2	15,2	10,8	15,9	10,7	15,2
		NS	NS	**	**	**	**	**	**
NUMERO DE LACTATION	1	7,8	9,9	8,9	13,1	9,8	13,9	10,0	13,6
	2	9,2	11,2	10,9	15,1	11,4	15,1	11,3	14,1
	3 et +	9,7	11,8	11,4	15,9	11,9	15,8	11,7	14,7
		** 0,4	** 0,5	** 0,4	** 0,5	** 0,4	** 0,5	** 0,4	** 0,6
RACE	FF	8,7	10,9	10,1	14,7	10,9	15,1	10,9	14,3
	MO	9,0	11,0	10,7	14,7	11,2	14,8	11,1	13,9
		NS	NS	**	NS	*	NS	NS	*
ANNEE	1	9,5	11,8	10,5	14,7	11,3	15,3	11,4	14,7
	2	8,2	10,2	10,7	15,1	11,3	15,2	11,5	14,7
	3	9,4	11,5	11,0	15,3	11,3	15,1	11,1	14,0
	4	8,4	10,4	9,8	14,0	10,7	14,3	10,8	13,7
	5	9,0	11,3	10,2	15,0	10,7	15,2	10,3	13,8
	6	8,9	10,6	10,1	14,1	10,9	14,6	11,0	13,9
		** 0,6	** 0,7	** 0,6	** 0,7	* 0,5	NS	** 0,5	* 0,8
MOYENNE GENERALE		8,9	11,0	10,4	14,7	11,0	15,0	11,0	14,1

(1) Seuil de signification et valeur de la PPDS à 5 p.100

- Les vaches Montbéliardes consomment un peu plus de fourrage que les Frisonnes, mais cela tient uniquement à leur poids plus élevé. En effet, à même poids vif (PV) les vaches Frisonnes et Montbéliardes ont ingéré les mêmes quantités de MS de fourrage (respectivement 2,01 et 1,96 kg MS / 100 kg de PV). Mais les Frisonnes ayant reçu un peu plus de concentré (+ 0,4 kg MS / j) en raison d'un potentiel plus élevé, ont ingéré 0,2 kg MS totale par 100 kg de PV de plus que les Montbéliardes. Ainsi, à même poids vif et à même niveau de production laitière initiale les animaux des 2 races ont ingéré la même quantité de MS de fourrage (1,96 kg MS / 100 kg de PV) et de ration totale (2,71 kg MS / 100 kg de PV).

- Les primipares ont ingéré en moyenne au cours des 9 premières quinzaines de lactation respectivement 1,2 et 1,9 kg de MS totale de moins que les vaches en 2ème et en 3ème lactation et plus. Mais cette différence décroît avec l'avancement du stade de la lactation (fig. 10) pour s'annuler pratiquement en 9ème quinzaine. Ceci peut être relié à la plus forte complémentation effectuée chez les primipares, en particulier en fin de période hivernale (+ 0,8 kg MS / j au cours des quinzaines 7 à 9) et à un meilleur maintien de leurs quantités de fourrages ingérées. A même poids vif, la différence de quantité ingérée entre les primipares et les multipares persiste, mais uniquement au cours des 6 premières quinzaines de lactation (+ 1,5 kg de MS / j ; $P < 0,01$). Il n'y a pas eu de différence significative de quantités ingérées entre les vaches en 2ème lactation et celle en 3ème lactation et plus, même lorsque l'on ne tient pas compte du poids vif (0,7 kg / j en moyenne ; $P > 0,05$). Il n'y a pas eu non plus d'interaction significative entre le numéro de lactation et les traitements expérimentaux.

- Les quantités de fourrage ingérées ont peu varié d'une année à l'autre. Elles ont cependant été assez systématiquement inférieures au cours des 3 dernières années (d'environ 0,6 kg de MS / j) par rapport aux 3 premières, pour des apports de concentré semblables.

3. Variations du poids vif (tabl. 8)

Les pertes de poids vif au cours de l'hiver ont été les plus importantes chez les animaux du lot EB (- 41 kg en 20 semaines) et les plus faibles chez ceux des lots Haut (- 14 kg) mais l'écart hivernal entre les différents lots a été en grande partie compensé au pâturage.

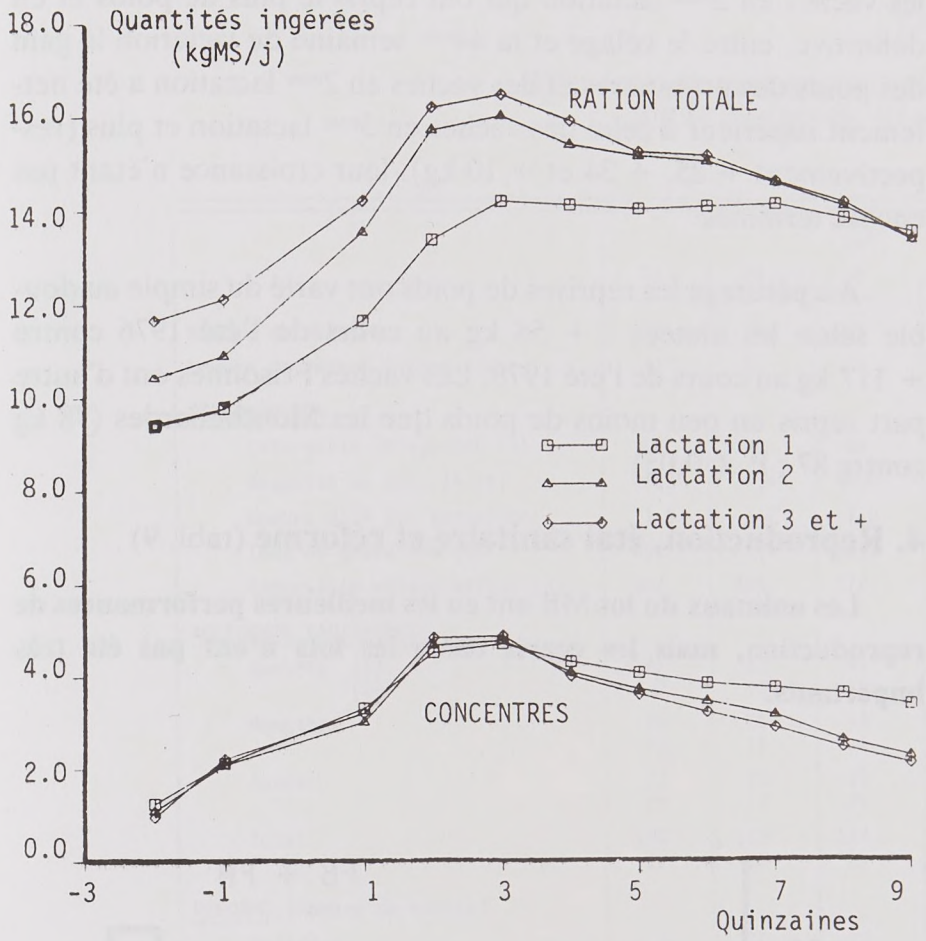


FIG. 10 : *Evolution des quantités ingérées selon le numéro de lactation*

TABLEAU 8

Effet des traitements expérimentaux, du numéro de lactation, de l'année et de la race sur les variations de poids vif au cours de la lactation des animaux ayant vêlé avant le 1er février

(Moyennes estimées sauf pour le poids vif au vêlage - n = 211)

La production initiale a été introduite comme covariable pour les traitements expérimentaux

		Poids vif au vêlage (kg)	Variations de poids vif (kg)(1) Δ1	Δ2	Δ3	Δ4
LOT	FB	539	-14	-20	-42	84
	FH	537	-17	-16	-39	73
	EB	551	-19	-41	-28	88
	EH	533	- 8	-13	-36	77
	MB	550	-15	-27	-34	90
			*(2)7	** 10	** 7	NS
	FB+FH	538	-15	-18	-40	80
	EB+EH	543	-13	-25	-33	83
			NS	NS	**	NS
	FB+EB	545	-16	-29	-36	85
	PH+EH	535	-12	-14	-37	77
			NS	**	NS	NS
NUMERO DE LACTATION	1	515	-15	-16	-39	80
	2	531	-16	-25	-34	92
	3 et +	575	-13	-31	-35	75
			NS	** 8	NS	** 10
RACE	FF	525	-13	-22	-35	78
	MO	560	-16	-25	-36	87
			NS	NS	NS	*
ANNEE	1	534	-10	-14	-42	68
	2	545	- 9	-22	-38	58
	3	551	-17	-40	-32	79
	4	537	-17	-23	-35	117
	5	556	-21	-30	-37	88
	6	537	-12	-15	-30	84
			** 7	** 11	* 7	** 14
MOYENNE GENERALE		543	-14	-24	-36	82

(1) Δ1 = Poids vif en semaine 5, 6, 7 - poids vif au vêlage
Δ2 = Poids vif avant la mise à l'herbe - poids vif au vêlage (20 semaines)
Δ3 = Variation de poids vif à la mise à l'herbe
Δ4 = Variation de poids vif au pâturage (20 semaines)

(2) seuil de signification et valeur de la PPDS à 5 p.100

En moyenne, sur les mêmes régimes hivernaux, les animaux ont perdu 14 kg de poids vif (1) au cours des 6 premières semaines de lactation (Δ 1) et 24 kg entre le vêlage et la mise à l'herbe (Δ 2) (soit 20 semaines de lactation). Celle-ci s'est accompagnée d'une chute importante du poids vif (36 kg) en liaison avec le changement de régime alimentaire. Au cours de l'été (20 semaines) les animaux ont repris 82 kg, soit 580 g/j. En moyenne les animaux pesaient en 44ème semaine de lactation, soit pratiquement au tarissement, 22 kg de plus qu'au vêlage précédent.

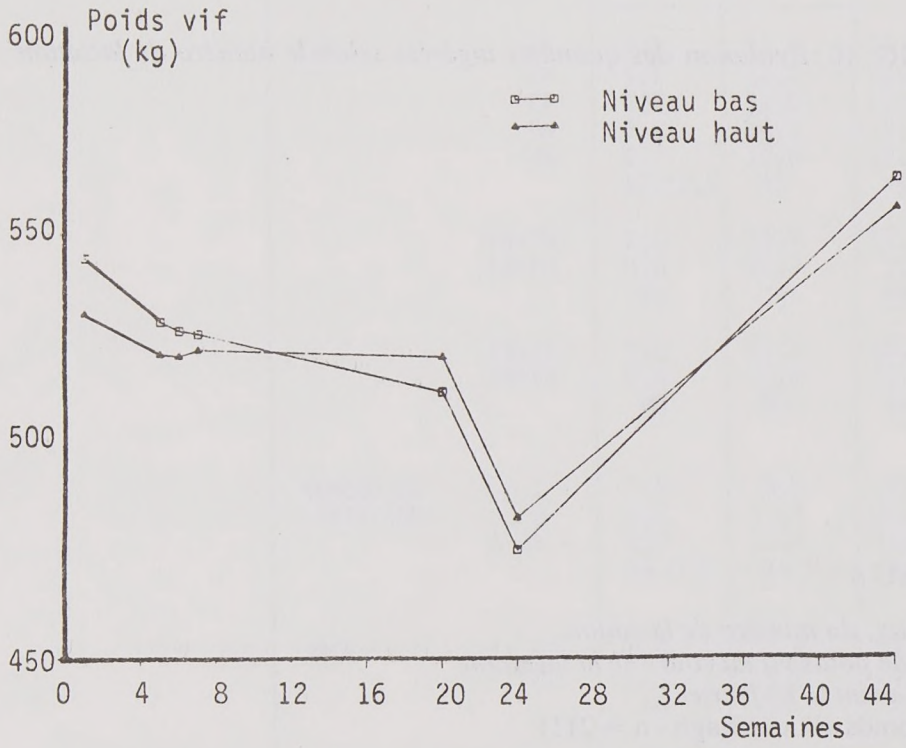


FIG. 11 : *Evolution du poids vif selon le niveau de concentré*

Si ces évolutions du poids vif ont présenté peu de différence entre les lots au cours des 6 premères semaines de lactation, elles ont par contre été plus variables par la suite. En particulier, les animaux recevant le niveau haut de concentré ont perdu, au cours des 20 premières semaines de lactation 15 kg de poids vif de moins ($P < 0,01$) que ceux recevant le niveau bas (fig. 11). Il existe de nouveau une interaction très importante avec le type de ration. La différence n'a été que de 4 kg entre les 2 lots recevant du foin (FH et FB) alors qu'elle a atteint 28 kg chez ceux recevant de l'ensilage (EH et EB). Les animaux du lot MB ont perdu, au cours de cette période, autant de poids que les 2 autres lots bas (27 kg contre 29).

A la mise à l'herbe, les animaux recevant de l'ensilage d'herbe (ou le régime mixte) ont perdu 8 kg de moins que ceux recevant du foin ($P < 0,01$). Au pâturage, il n'y a pas eu de différence significative entre les lots, bien que les animaux recevant la faible complémentation en hiver (lots FB, EB et MB) aient repris un peu plus de poids que les autres (+ 8 kg). Globalement, au cours des 44 semaines de lactation, ce sont les animaux des lots EH et MB qui ont repris le plus de poids (29 kg).

Les primipares ont perdu moins de poids au cours de l'hiver que les vaches en 2ème lactation ou en 3ème lactation et plus (respectivement 9 et 15 kg de moins ; $P < 0,01$). Au pâturage ce sont les vaches en 2ème lactation qui ont repris le plus de poids et en définitive, entre le vêlage et la 44ème semaine de lactation le gain des poids des primipares et des vaches en 2ème lactation a été nettement supérieur à celui des vaches en 3ème lactation et plus (respectivement + 25, + 34 et + 10 kg), leur croissance n'étant pas encore terminée.

Au pâturage les reprises de poids ont varié du simple au double selon les années : + 58 kg au cours de l'été 1976 contre + 117 kg au cours de l'été 1978. Les vaches Frisonnes ont d'autre part repris un peu moins de poids que les Montbéliardes (78 kg contre 87 ; $P < 0,05$).

4. Reproduction, état sanitaire et réforme (tabl. 9)

Les animaux du lot MB ont eu les meilleures performances de reproduction, mais les écarts entre les lots n'ont pas été très importants.

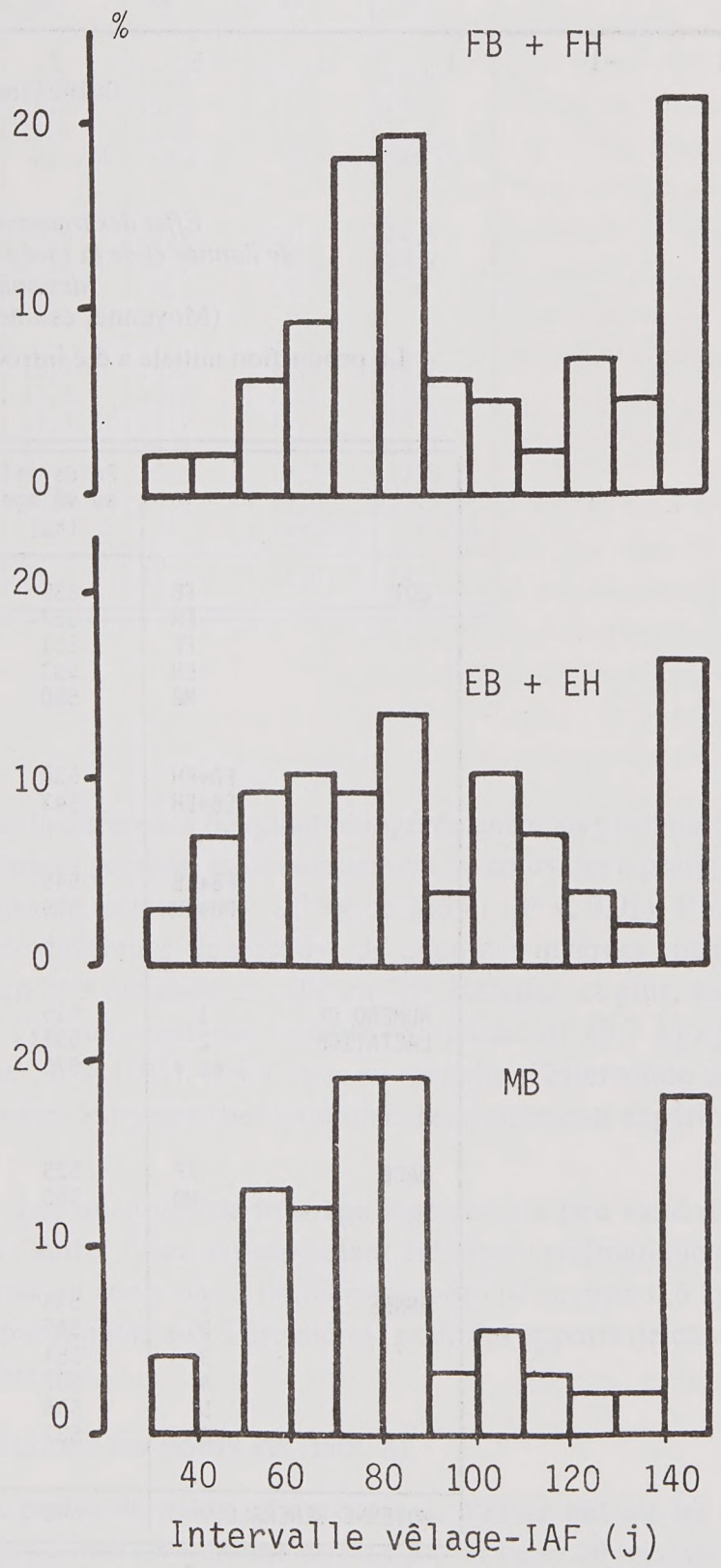


FIG. 12 : *Répartition des intervalles vêlage-IAF selon les lots*

(1) Il s'agit de pertes de poids vif non corrigées pour les variations de poids du contenu digestif, liées à celle des quantités ingérées et à la nature du régime.

TABLEAU 9

Effet des traitements expérimentaux, du numéro de lactation et de la race sur la production, les accidents sanitaires et la réforme

	Lot					Numéro de lactation			Race		Total ou Moyenne
	FB	FH	EB	EH	MB	1	2	3 et +	FF	MO	
Nombre de vêlages	98	99	94	97	99	137	111	239	237	250	487
Nombre de vaches introduites	37	39	38	39	37	137	12	41	94	96	190
REPRODUCTION											
Intervalle vêlage-IAF (j)	99	105	100	95	93	97	99	100	101	96	98
Réussite en 1ère IA (%)	44,9	37,4	40,4	34,0	52,5	47,4	45,9	36,8	44,3	39,6	41,9
Nombre d'IA par gestation	1,9	2,2	2,0	2,2	1,7	1,9	1,9	2,1	2,0	2,0	2,0
Taux de gestation (%)	89,7	85,4	83,5	86,1	84,8	88,2	84,4	85,8	86,1	86,2	86,2
Intervalle vêlage-vêlage (j)	382	385	372	382	367	373	382	379	373	381	378
ACCIDENTS SANITAIRES											
Membres (1)	47	62	61	71	66	74	51	182	203	104	307
(2)	*30*	*40*	*31*	*35*	*37*	*44*	*27*	*102*	*99*	*74*	*173*
Mammites	26	23	18	36	39	48	20	74	91	51	142
	19	*12*	*14*	*23*	*25*	*27*	*17*	*49*	*56*	*37*	*93*
Autres	27	28	33	34	24	48	39	59	91	55	146
	27	*25*	*29*	*30*	*23*	*45*	*38*	*50*	*82*	*50*	*132*
Total	100	113	112	141	129	170	110	315	385	210	595
	57	*62*	*50*	*57*	*61*	*79*	*56*	*152*	*168*	*119*	*287*
REFORME (nombre de vaches)											
Maladies	6	10	10	8	10	6	8	30	29	15	44
Reproduction	4	6	7	6	9	5	5	22	14	19	33
Expérimentation	9	9	4	7	4	11	10	13	14	19	33
Autres	5	2	3	5	3	3	2	13	6	12	18
Taux de réforme (hors expérimentation)	15,6	18,2	22,0	20,0	22,9	10,3	13,9	27,9	21,1	18,8	19,9
Taux de réforme total	25,0	27,3	26,4	27,4	27,1	18,4	23,1	33,5	27,2	26,5	26,8

(1) Nombre d'affections (2) Nombre de vaches atteintes

En moyenne, les animaux ont été inséminés pour la première fois 65 jours après le vêlage. Cette première insémination a eu lieu plus tôt chez les animaux recevant de l'ensilage (61 jours) que chez ceux recevant du foin (67 jours). Inversement, ces derniers ont eu un taux de réussite à la première insémination plus élevé (41 p.100 contre 37 p.100 pour les lots « ensilage »). L'intervalle vêlage-insémination fécondante (IAF) a été en moyenne de 98 jours ; il a été plus court chez les animaux du lot MB (93 jours) et plus long chez ceux du lot FH (105 jours) mais de manière non significative. La répartition de cet intervalle a cependant été assez différente d'un lot à l'autre (fig. 12) : il semble en particulier que les animaux recevant de l'ensilage aient rempli plus tôt que ceux recevant du foin (respectivement 19 et 10 p.100 des animaux étaient gestants 60 jours après le vêlage) et aient présenté moins de retours tardifs (> 120 j) (24 p.100 contre 32 p.100). Leur taux de gestation a par contre été inférieur de presque 3 points p.100. C'est dans le lot MB que les intervalles vêlage-IAF ont été le mieux groupés (68 p.100 entre 50 et 90 j après le vêlage). Les animaux de ce lot ont ainsi présenté l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) le plus court (367 jours ; $P < 0,05$) bien que les écarts entre les lots soient relativement faibles. C'est aussi dans ce lot que le nombre d'I.A. par gestation a été le plus faible (1,7) en liaison avec une réussite en 1ère I.A. plus élevée (53 p.100). Globalement les meilleurs résultats de reproduction apparaissent donc pour le lot MB.

L'augmentation du niveau de concentré semble apparemment et paradoxalement avoir eu un léger effet défavorable sur les critères de reproduction. Bien que les animaux des lots FH et EH aient été cyclés plus tôt que ceux des lots FB et EB (86 p.100 d'animaux cyclés 50 j après le vêlage contre 64 p.100), leur taux de réussite en 1ère IA ainsi que leur nombre d'IA par gestation ont été inférieurs (respectivement 43 p.100 et 1,9 contre 36 p.100 et 2,2) et leur IVV un peu supérieur (+ 7 j), mais aucun de ces écarts n'est significatif.

Les vaches en 1ère et 2ème lactations ont eu une réussite en 1ère I.A. (post vêlage) IA supérieure ($P < 0,05$) à celle des vaches adultes (47 contre 37 p.100) et un nombre d'IA par gestation inférieur (1,9 contre 2,1). Le taux de gestation qui suit le 1er vêlage a été supérieur de 3 points p.100 à celui des vaches en 2ème et 3ème lactation et plus. Les IVV n'ont cependant pas été significativement différents d'une lactation à l'autre.

Les vaches Frisonnes ont présenté une meilleure réussite en 1ère IA que les vaches Montbéliardes (+ 5 points p.100) et leur IVV a été légèrement inférieur (- 8 jours) en raison d'une durée de gestation plus courte (272 jours contre 285 ; $P < 0,05$). Le taux de gestation total a été identique dans les 2 races.

En définitive, les performances de reproduction n'ont pas été excellentes dans cet essai, mais elles restent globalement comparables à celles observées dans d'autres exploitations de montagne. Les principales causes en sont le mode de stabulation (entravée, stalles courtes), la longueur de la période hivernale et les difficultés sanitaires qui en découlent. Le taux moyen de gestation est effectivement faible puisque il a été observé, sur 8 années, dans deux groupes d'élevages laitiers de montagne de Haute-Savoie et Haute-Loire une valeur moyenne voisine de 90 p.100 (LIENARD et PIZAINE, 1985) (1) ; cela provient en partie de la brièveté de la période de reproduction. En contre partie, cela

(1) Voir aussi CAYLA *et al.* (1984) et GRAPTON *et al.* (1984)

a permis d'obtenir des intervalles entre vêlages plus courts (puisque en Haute-Savoie l'IVV a été de 392 jours pour 3839 animaux de race Pie Rouge et en Haute-Loire de 378 jours pour 2611 animaux donc les 2/3 sont de race Pie Noire).

Les problèmes de membres et les mammites ont représenté l'essentiel des troubles sanitaires relevés. Il n'y a pas eu de différence sensible d'un lot à l'autre. Ce sont les vaches les plus âgées et surtout les Frisonnes qui ont été les plus affectées.

Au total 595 affections sanitaires concernant 287 lactations ont été relevées au cours des 6 années sur les 487 lactations étudiées. Les principaux troubles ont concerné les membres (52 p.100 des affections et 60 p.100 des lactations atteintes) et la mamelle (les mammites ont représenté 24 p.100 des affections et 32 p.100 des lactations atteintes). Les ennuis sanitaires liés à l'appareil uro-génital (essentiellement des non-délivrances) n'ont représenté que 9 p.100 des affections et ceux liés à l'appareil digestif 8 p.100.

Il n'y a pas eu de différences très importantes d'un lot à l'autre bien que les animaux recevant de l'ensilage (lots EB et EH) semblent avoir présenté plus d'affections que ceux recevant du foin (1,32 affection par lactation étudiée contre 1,08) en raison d'une plus grande fréquence par lactation atteinte (2,27 contre 1,79). D'autre part, alors que la proportion de vaches atteintes évolue peu d'une lactation à l'autre quand les animaux reçoivent du foin, elle augmente assez nettement entre les 2 premières lactations et les suivantes (0,49 contre 0,64) quand ils reçoivent de l'ensilage.

Les animaux recevant les hauts niveaux de concentré (lots FH et EH) ont présenté à la fois un plus grand nombre d'affection et de lactation atteinte par lactation étudiée que ceux recevant les bas niveaux (lots FB et EB) (respectivement 1,30 et 0,61 contre 1,10 et 0,56). Cet effet semble dû uniquement aux vaches en 3ème lactation et plus (0,72 lactation atteinte par lactation étudiée chez les lots hauts contre 0,55 chez les lots bas) ; chez les vaches en 1ère et 2ème lactations il n'y a en effet pas ou peu de différences selon les niveaux de concentré.

En moyenne, ce sont les vaches en 3ème lactation et plus qui ont présenté le plus de troubles sanitaires (0,64 lactation atteinte / lactation étudiée contre 0,57 pour les primipares et 0,51 pour les vaches en 2ème lactation). Le nombre de vaches atteintes aux membres a augmenté de 50 p.100 entre les 2 premières lactations et les lactations suivantes alors que la fréquence de vaches atteintes de mammites n'augmentait pratiquement pas et que les autres troubles sanitaires devenaient beaucoup moins fréquents.

Les vaches Frisonnes ont été nettement plus sujettes à des troubles sanitaires que les vaches Montbéliardes (1,62 affections par lactation contre 0,84) et ont présenté une fréquence plus élevée (2,29 affections par vache atteinte contre 1,76) et ce quelle que soit l'affection.

Les maladies et la reproduction ont été les principales causes de réforme. Compte tenu des causes expérimentales, il n'y a pas eu de différences notables d'un lot à l'autre.

En moyenne, le taux de réforme, compte non tenu des causes expérimentales (IVV supérieur à 450 j. au vêlage au 1er juin), a été de 20 p.100. Ce sont les maladies (boiteries principalement) et les problèmes de reproduction (vaches vides) qui ont représenté la majorité des cas de réforme (respectivement 46 et 35 p.100 des cas de réforme). Ce taux a été plus élevé pour les 3 lots recevant de l'ensilage que pour ceux recevant du foin (+ 4,8 points p.100) parce que ces derniers ont été réformés moins souvent pour cause de reproduction et ont présenté un taux de gestation plus élevé. Cependant, suite à des retours tardifs plus fréquents ayant entraîné des IVV supérieurs à 450 jours et/ou des vêlages d'été, ils ont été plus souvent réformés pour cause expérimentale. Ainsi, le taux de réforme total a été très voisin dans les 5 lots et égal en moyenne à 27 p.100. Le niveau de concentré offert n'a pas eu d'effet sur le taux de réforme compte tenu ou non des causes expérimentales.

Le taux de réforme total a augmenté de 13 points p.100 entre les 2 premières lactations et les lactations suivantes. En dehors des causes expérimentales dont la fréquence a légèrement diminué avec l'âge, les autres motifs de réforme ont vu leur fréquence multiplié par 2 environ entre la 1ère ou la 2ème lactation et les lactations supérieures.

Les vaches Montbéliardes ont été réformées plus souvent pour des raisons de reproduction ou d'expérimentation que les vaches Frisonnes (58 p.100 des cas de réforme contre 44) ou pour cause de production insuffisante (9 p.100 des cas de réforme contre 0) ; par contre, les maladies et les mammites ont entraîné beaucoup plus de réforme chez les Frisonnes que chez les Montbéliardes (52 p.100 des cas contre 25), de sorte que, en définitive, le taux de réforme total a été semblable pour les 2 races.

Ces taux de réforme sont évidemment supérieurs à ceux observés dans des groupes d'exploitations de montagne de Haute-Savoie et de Haute-Loire (sur 8 années, 22 p.100 et 20 p.100 respectivement, pour des élevages il est vrai en forte croissance, de 4 à 6 p.100 par an) (LIENARD et PIZAINE, 1985).

Discussion

Au cours de la période hivernale, les rations à base d'ensilage d'herbe n'ont pas permis de produire plus de lait que celles à base de foin contrairement à ce qui est généralement observé avec des fourrages de graminées (DULPHY et DEMARQUILLY, 1972 ; ROFFLER *et al.*, 1967 ; SUNDSTOL *et al.*, 1979 ; BERTILLSON et BURSTED, 1983 ; DULPHY, 1984). Ce résultat est dû exclusivement aux animaux recevant un faible apport d'aliment concentré. Il a peut-être été accentué par le réajustement du rationnement à la production réelle qui a eu lieu en 14ème et 28ème semaine. Lorsque ces apports sont plus élevés et comparables à ceux des essais précédemment cités, les animaux recevant de l'ensilage produisent un peu plus de lait que ceux recevant du foin, au moins en début d'hiver. Ce lait a par contre été moins riche, principalement en matières azotées, comme on l'observe couramment (HODEN *et al.*, 1984). Ce résultat, souvent dû à un effet de dilution lié à la meilleure valeur laitière des rations à base d'ensilage (JOURNET et DULPHY, 1973 ; JOURNET et CHILLIARD, 1984), semble plus lié, dans notre essai, au niveau inférieur des apports énergétiques des rations à base d'ensilage. On connaît en effet l'influence prépondérante du niveau énergétique de la ration sur le taux protéique du lait (JOURNET et REMOND, 1980), effet que nous avons nettement observé dans notre essai.

Les écarts de production entre les animaux recevant la ration à base de foin et celle à base d'ensilage sont liés principalement aux différences de quantités ingérées de ces 2 rations. Si les auteurs s'accordent pour observer des niveaux d'ingestion égaux ou légèrement inférieurs avec l'ensilage (MERRIL et SLACK, 1965 ; DULPHY et DEMARQUILLY, 1972 ; BERTILLSON et BURSTED, 1983), les écarts que nous avons obtenus à des stades de lactation comparables sont beaucoup plus élevés, en raison vraisemblablement des différences de qualité entre les 2 types de fourrages. Le choix des meilleurs foins récoltés sur le domaine et leur association à du regain a d'une part permis des niveaux élevés d'ingestion de cette ration, semblables à ceux obtenus avec des foins ventilés chez des animaux comparables (DULPHY et DEMARQUILLY, 1972). A l'inverse, le stade de récolte de nos ensilages, relativement tardif, la longueur de leurs brins, moyens à longs, et aussi leur teneur relativement faible en matière sèche, ont limité l'ingestibilité de cette ration (DULPHY et DEMARQUILLY, 1975 ; GORDON, 1980 ; JARRIGE *et al.*, 1982). Dans 2 essais à long terme comparables au nôtre, STEEN et GORDON (1980) et GORDON (1984) ont d'ailleurs obtenu des niveaux d'ingestion d'ensilage (ray-grass, 22 p.100 de MS) semblables aux nôtres. En fait, les écarts de quantités ingérées entre les 2 rations se sont accentués au cours de la lactation parce que les quantités ingérées d'ensilage n'augmentaient pratiquement plus dès la fin du 1er mois de lactation contrairement à l'évolution normale de la capacité d'ingestion (JOURNET et REMOND, 1976 ; JARRIGE, 1985).

Les taux de substitution que nous avons observés avec l'ensilage ont été faibles, nettement inférieurs à ceux obtenus habituellement (DULPHY, 1978) mais sur des périodes de courtes durées. Il est clair que l'ingestibilité faible de nos ensilages, ayant accentué le faible niveau alimentaire de la ration à niveau bas de complémentation (lot EB), est responsable de ce résultat. On sait en effet que les taux de substitution sont d'autant moins élevés que le niveau énergétique de la ration est réduit et que les besoins des animaux ne sont pas satisfaits (DULPHY, 1978 ; OSTERGAARD, 1979 ; JARRIGE, 1985). Cependant GORDON (1984) a obtenu, sur 24 semaines, des taux de substitution faibles (0,26) quel que soit le niveau énergétique de la ration.

Ce faible taux de substitution associé au niveau énergétique de la ration des animaux du lot EB inférieur à celui des autres lots, comme le montrent les pertes de poids vif au cours de l'hiver supérieures chez ces animaux, a entraîné une efficacité marginale directe de l'aliment concentré très élevée pour la ration à base d'ensilage, presque 2 fois plus forte que celle observée avec le foin (1,7 contre 0,8 kg lait 4 p.100 / UFL supplémentaire). Elle a été nettement supérieure à celles obtenues par différents auteurs (OSTERGAARD, 1978 ; THOMAS, 1980 ; LEAVER et MOISEY, 1980), même lorsque les apports de concentré étaient faibles (GORDON, 1984). Cette valeur est voisine de celles obtenues lorsque l'on maintient constantes les quantités ingérées de fourrages (STRICKLAND, 1975 ; JOHNSON, 1977) : c'est la situation que nous avons pratiquement observée.

(1) Calculé en considérant qu'un kg de poids vif (corrigée pour tenir compte des variations de contenu digestif) a une valeur énergétique de 3,5 UFL.

En pratique, le lait permis par la ration de base, au cours des 14 premières semaines de lactation (1), a été de l'ordre de 3,5 kg pour les 2 lots « haut », soit, compte tenu de la présence des primipares, pratiquement le niveau à partir duquel ils avaient été complémentés. Par contre, il n'a été que de 5,5 et 4,5 kg respectivement pour les FB et EB, soit 3,5 et 4,5 kg de moins que ce que prévoyait le protocole. Ceci explique que ces animaux n'aient pas réalisé leur potentiel comme le montre leur faible accroissement de production après le vêlage (3,3 kg pour le lot EB entre la PI et la production maximale (PM), contre 4,7 pour le lot FB et 6,0 pour les lots FH et EH ; $P < 0,01$). Pour le lot mixte, le lait permis par la ration de base a été de 5,5 kg.

L'effet de la mise à l'herbe n'a pas été important que pour les lots sous-alimentés au cours de la période hivernale. Cette réaction confirme les observations faites antérieurement à Theix (HODEN *et al.*, 1984) et les résultats de LANG et EDEN (1972) et JOHNSON (1977). Par contre, les taux azoté et de matières grasses ont augmenté à la mise à l'herbe de manière importante, même chez les animaux bien alimentés en hiver. Ce résultat est assez spécifique des régimes à base d'ensilage d'herbe ou de foin ; avec des rations plus favorables à la synthèse de matières grasses (ensilage de maïs) l'augmentation du taux butyreux est faible, voire même négative, tandis que celle du taux azoté persiste mais à un niveau plus faible (HODEN *et al.*, 1984). Au pâturage, les lots sous-alimentés durant l'hiver ont ensuite présenté une meilleure persistance.

Ces résultats mettent donc en évidence l'importance, dans les conditions de Marcenat, de la période de pâturage. Son effet compensateur s'exerce non seulement sur la production et la composition du lait, mais aussi sur la reprise de poids : ce sont les animaux qui ont le plus perdu de poids au cours de l'hiver qui en reprennent le plus au pâturage. Il permet aux animaux des lots FB et MB de rattraper et même de dépasser légèrement, au niveau de la production laitière, ceux des lots FH et EH. A l'échelle de la lactation, ces écarts de production entre ces différents lots sont donc faibles. Pour le lot EB l'effet du traitement hivernal se maintient par contre au pâturage bien que très fortement réduit ; il semble donc qu'un léger effet rémanent du traitement persiste quand la sous-alimentation énergétique en hiver a été importante, comme l'avait observé GORDON (1980, 1984).

L'augmentation de production laitière et le gain de poids vif entre la 1ère et la 2ème lactation (et à un degré moindre entre la 2ème lactation et les suivantes) ont été faibles, nettement inférieurs aux valeurs habituellement observées, aussi bien pour la période hivernale que pour la lactation complète (+ 500 kg de lait et + 30 à 40 kg de poids vif, pour des vêlages à 3 ans) SPIKE et FREEMAN, 1967 ; DECAEN *et al.*, 1970 ; HODEN, 1978 ; Contrôle laitier, 1983). Ce résultat n'est pas spécifique aux primipares recevant de l'ensilage ni même aux primipares de race Montbéliarde. Il n'est vraisemblablement pas dû à une sous-alimentation effective des primipares au cours de l'hiver : leurs quantités ingérées sont en effet relativement élevées et comparables à celles observées par TROCCON *et al.* (1979) avec des rations de base pourtant plus ingestibles, leur accroissement de production laitière (PM - PI) est légèrement supérieur à celui des vaches en 2ème lactation et leur perte de poids au cours de l'hiver est assez réduite.Il semble plutôt que ce soit au pâturage que les primipares aient présenté une reprise de poids insuffisante pour

arriver en 2ème lactation dans des conditions normales. Ces observations devront néanmoins être précisées par l'analyse des résultats concernant les animaux ayant fait plusieurs lactations successives (cf. COULON *et al.*, 1985).

Les animaux de race Montbéliarde ont semble-t-il été légèrement sous-alimentés à même potentiel de production, par rapport à ceux de race Frisonne (4 p.100 d'aliment concentré en moins au cours des 14 premières semaines de lactation) ce qui s'est traduit à même production initiale par une production laitière hivernale inférieure pour des pertes de poids vif semblables. Cette sous-alimentation est peut-être en partie à l'origine de l'effet plus important de la mise à l'herbe chez les vaches Montbéliardes ; il est cependant possible que le meilleur état général de ces animaux en fin d'hiver et en particulier leur moins grande sensibilité aux boiteries, leur ait permis de mieux valoriser le pâturage et de présenter ainsi une meilleure persistance laitière et une reprise de poids supérieure.

Conclusion

Globalement, sur 6 années et plus de 300 lactations dont près de 30 p.100 de primipares, la production moyenne par lactation a pratiquement atteint 4200 kg de lait pour un apport de concentré inférieur à 500 kg de MS. Parallèlement, les résultats de reproduction ont été moyens, comparables à ceux obtenus par GORDON (1984) dans des conditions d'alimentation voisines mais de milieu plus favorables. Si le nombre d'affections sanitaires a été important comme c'est d'ailleurs le cas sur le terrain (BARNOUIN *et al.*, 1983), il est principalement dû aux boiteries et non aux mammites contraitement à ce qui est couramment observé (BARNOUIN *et al.*, 1983), vraisemblablement en raison des conditions de milieu (longue durée de la période de stabulation entravée) et peut-être aussi d'alimentation (ensilage d'herbe) (BROCHART et FAYET, 1981).

Compte tenu des conditions difficiles de milieu propres à la montagne, ces résultats, qui peuvent d'ailleurs être appliqués à l'ensemble des zones herbagères, sont à relier à la bonne qualité des fourrages hivernaux et aussi à la conduite rationnelle des animaux au pâturage ; cette période apparaît en effet particulièrement importante pour compenser d'éventuels déficits hivernaux.

Les résultats moyens qui ressortent de l'analyse faite sur 338 lactations sont cordordants avec ceux de l'analyse technico-économique effectuée sur les 4 premières années (HODEN *et al.*, 1981) ou sur l'ensemble des 6 années expérimentales (tabl. 10). L'écart entre la moyenne économique (4125 kg) et celle des 338 lactations retenues (260 à 350 jours de durée) est beaucoup plus faible que ce qui est habituellement observé. Cela provient sans doute de la non prise en compte des lactations longues (49) ; cela provient aussi d'une période de tarissement assez courte, conséquence d'un IVV moyen lui même correct (378 j) et d'une élimination rapide des animaux de réforme.

Les résultats de l'analyse des lactations permettent cependant, en tenant compte de l'ensemble des facteurs zootechniques et des écarts sensibles de potentiel des animaux liés à la mise en lot, de mieux mettre en valeur l'effet des traitements expérimentaux, en particulier du niveau de concentré, ce qui se traduit par une efficacité marginale du concentré supérieure. Ils confirment d'autre part les résultats de production assez nettement inférieurs des animaux recevant de l'ensilage d'herbe à un trop faible niveau de concentré.

TABLEAU 10

Résultats technico-économiques généraux

- Moyennes par vache présente -

Traitements	FB	FH	EB	EH	MB	Tous
Effectif total	102,9	102,6	88,5	101,4	103,3	498,6
dont primipares - %	26,5	28,4	28,9	27,8	26,0	27,5
Nombre de vêlages	105	107	91	104	102	509
PERIODE HIVERNALE (187 j.)						
Lait - kg	1983	1893	1793	1954	2044	1938
Lait 4 % - kg	1894	1820	1695	1858	1942	1847
Taux butyreux - g p.1000	37,0	37,5	36,4	36,7	36,7	36,9
Taux M.A. - g p.1000	31,9	32,7	30,6	31,6	30,6	31,5
Concentré - kg	408	580	387	622	431	488
Concentré/kg lait 4 % - g	215	319	228	335	222	264
ANNEE ENTIERE						
Lait - kg	4252	4145	3918	4123	4157	4125
Lait 4 % - kg	4128	4045	3794	3990	4027	4003
Taux butyreux - g p.1000	38,0	38,4	37,9	37,9	37,9	38,0
Taux M.A. - g p.1000	32,7	33,2	32,2	32,6	31,9	32,5
Concentré - kg	487	672	447	694	506	564
Concentré/kg lait 4 % - g	118	166	118	174	126	141

D'autre part, l'écart assez important entre la moyenne des lactations et la moyenne économique des lots ensilages (90 kg) provient d'un nombre assez important de lactations non retenues dans l'analyse et en particulier de lactations assez courtes qui sont peut-être la conséquence d'une certaine difficulté d'adaptation des animaux pour ce fourrage qu'ils n'avaient pas ou peu reçu lors de la phase d'élevage. En revanche, le bon comportement des animaux du lot MB se vérifie puisque la moyenne économique n'est pas inférieure à celle des lactations et que la proportion de lactations non retenues est la plus faible pour ce lot (25 p.100). Les animaux de ce lot ont ainsi produit autant de lait (moins riche il est vrai) que ceux du lot FB et 220 kg de plus que ceux du lot EB.

En définitive, on peut tirer deux types de conclusion :

- les rations à base de foin de bonne qualité permettent d'obtenir des niveaux de production corrects (4250 kg de moyenne économique avec 487 kg de concentré) à condition d'être suivies d'un bon pâturage ;

- les régimes mixtes ensilage d'herbe-foin semblent les mieux adaptés aux situations fréquemment rencontrées en zone de demi-montagne et montagne, lorsque l'ensilage est permis par la fabrication fromagère. En effet, toutes les parcelles fauchables ne sont pas aisément ensilables au bon stade (pentes, portance...) et une partie des prairies restera, dans beaucoup de situations, récoltée en foin. Cela n'est pas un handicap. Ce régime présente en effet d'autres avantages au niveau de l'exploitation (étalement des travaux, récolte de fourrage de meilleure qualité, repousses pour le pâturage, etc...) et il offre une plus grande sécurité quant à la qualité des rations.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. CHASSAT ainsi que X. JAVOREK et son équipe qui ont assuré le suivi des animaux tout au long de l'expérience de même que M^mes^ Erna WEGAT-LITRE et Christiane ESPINASSE qui ont permis l'exploitation informatique des données.

Références bibliographiques

BARNOUIN J., FAYET J.C., BROCHART M., BOUVIER A., PACCARD P., 1983. Enquête éco-pathologique continue. I. Hiérarchie de la pathologie observée en élevage bovin laitier. *Ann. Rech. vet.*, **14,** 247-252.

BERTILSSON J., BURSTEDT E., 1983. Effect of conservation method and stage of maturity upon the feeding value of forages to dairy cows. *Swed. J. agric. Res.*, **13,** 189-200.

BROCHART M., FAYET J.C., 1981. Milieu et pathologie podale des vaches laitières. In : *Milieu, pathologie et prévention chez les Ruminants.* Ed INRA Publ., Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

CAYLA D., BAUD G., BOUCHET J.F., LIENARD G., PIZAINE M.C., 1984. Etude économique d'exploitations laitières d'une zone homogène de demi montagne, en Haute Savoie et Savoie. Campagne 1982/83 et synthèse d'une évolution sur 8 années. Etude concertée CGER de Haute Savoie (Annecy), CEMAGREF (TEEBO, Riom), Laboratoire Economie Elevage, INRA,(Theix) n°85, 28 p.

COULON J.B., GAREL J.P., HODEN A., JOURNET M., LIENARD G., 1985. Influence du type de ration hivernale et du niveau de complémentation sur la carrière des vaches laitières en zone de montagne. A paraître.

GRAPTON C., OULION G., BARRET M., LIENARD G., PIZAINE M.C., 1984. Etude économique de la production laitière en demi montagne dans des exploitations de Haute-Loire. Campagne 1982/83. Etude concertée CGER de Haute-Loire (Le Puy), CEMAGREF (TEEBO, Riom), Laboratoire Economie Elevage, INRA (Theix), n° 84, 34 p.

DECAEN C., JOURNET M., POUTOUS M., 1970. Evolution de la production laitière de la vache au cours des deux premiers mois de la lactation. I. Description graphique de l'évolution journalière de la quantité de lait excrétée, du taux butyreux et de la quantité de matières grasses sécrétée. *Ann. Zootech.*, **19,** 191-203.

DULPHY J.P., 1978. Quantités ingérées et phénomènes de substitution. Conséquences pour la rationnement. In : *La Vache laitière,* p. 87-98. Ed. INRA Publ., Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

DULPHY J.P., 1984. Résultats non publiés.

DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1972. Utilisation des ensilages d'herbe par des génisses et des vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **10,** 5-15.

DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1975. Influence de la machine de récolte sur les quantités d'ensilage ingérées et les performances des vaches laitières. *Ann. Zootech.*, **21,** 363-371.

GORDON F.J., 1980. The effect of interval between harvests and wilting on silage for milk production. *Anim. Prod.*, **31,** 35-41.

GORDON F.J., 1984. The effect of level of concentrate supplementation given with grass silage during the winter on the total lactation performance of autumn-calving dairy cows. *J. agric. Sci. Camb.*, **102,** 163-179.

HODEN A., 1978. Rationnement au début de la lactation. In : *La Vache laitière,* p. 71-86. Ed INRA Publ., Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

HODEN A., COULON J.B., DULPHY J.P., QUILLET J.P., 1984. Influence des principaux régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques du lait. In : *La composition chimique du lait et ses incidences technologiques.* Colloque INRA-ENSA-INAPG, Rennes, septembre 1984.

HODEN A., GAREL J.P., JOURNET M., LIENARD G., WEGAT-LITRE Erna. 1981. Foin, ensilage d'herbe ou ration mixte pour les vaches laitières en zone de demi-montagne et niveau optimum de complémentation. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **43,** 15-20.

HODEN A., GAREL J.P., MARQUIS B., JOURNET M., 1975. Complémentation des vaches laitières au pâturage. *Bull. tech. CRZV, INRA,* **20,** 29-36.

HODEN A., JOURNET M., 1971. Le rationnement des vaches laitières au début de la lactation. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **5,** 5-28.

JARRIGE R., 1985. Voluntary intake in dairy cows and its prediction. In C.C. Balch Ed. *Recent advances in feed evaluation and rationning systems for dairy cattle.* International Dairy Federation.

JARRIGE R., DEMARQUILLY C., DULPHY J.P., 1982. La conservation des fourrages. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **50,** 5-32.

JOHNSON C.L., 1977. The effect of the plane and pattern of concentrate on milk yield and composition in dairy cows. *J. agric. Sci. Camb.*, **88,** 79-94.

JOURNET M., CHILLIARD Y., 1984. Influence de l'alimentation sur la sécrétion des matières grasses et le taux butyreux et mécanisme d'action. In : *La composition chimique du lait et ses incidences technologiques.* Colloque INRA-ENSA-INAPG, Rennes, septembre 1984.

JOURNET M., DULPHY J.P., 1973. Utilisation des ensilages d'herbe par les vaches laitières. *Fourrages,* **56,** 71-87.

JOURNET M., REMOND B., 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows : a review. *Livest. Prod. Sci.*, **3,** 129-146.

JOURNET M., REMOND B., 1980. Influence de l'alimentation et de la saison sur les fractions azotées du lait de vache. *Le Lait,* **60,** 140-159.

LEAVER J.D., MOISEY F.R., 1980. The silage makers dilemna, quality or quantity. *Grass farmer,* **7,** 9-11.

LIENARD G., BAUD G., 1981. Les problèmes de la production laitière en montagne. In : *La produciton laitière française,* p. 235-256. Ed. INRA Publ., Route de St-Cyr, 78000 Versailles.

LIENARD G., DULPHY J.P., 1981. Eléments technico-économiques pour le choix d'une méthode de récolte d'ensilage d'herbe. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **44,** 41-51.

LIENARD G., PIZAINE M.C., 1985. Résultats non publiés.

MERRILL W.G., SLACK S.T., 1965. Feeding value of perenial forage for daiy cows. Animal Sci., Mineograph Series nº 3.

OSTERGAARD V., 1979. Strategies for concentrate feeding to attain optimum feeding level in high yielding dairy cows. *Beret. Statens Husdyrbrugsfors.*, **482,** 1-144.

ROFFLER R.E., NIEDERMEIER R.P., BAUMGARDT B.R., 1967. Evaluation of alfalfa-brome forage stored as wilted silage low-moisture silage and hay. *J. Dairy Sci.*, **50,** 1805-1813.

SEEBECK R.M., 1976. Sysnova version 8, Reference Manuel. Document non publié.

SPIKE P.W., FREEMAN A.E., 1967. Environmental influences on monthly variation in milk constituents. *J. Dairy Sci.*, **50,** 1897-1904.

STEEN R.W.J., GORDON F.J., 1980. The effect of level and system of concentrate allocation to January / February calving cows on total lactation performance. *Anim. Prod.*, **30,** 39-51.

STRICKLAND M.J., 1975. Feeding the dairy herd on a flat rate. Borworth Experimental Hysbandry Fam, Annual Report 1975. p.38-43.

SUNDSTOL F., EKERN A., LINGVALL P., LINDGREN E., BERTILSSON J., 1979. Energy utilization in sheep fed grass silage and hay. In : *Symposium on energy metabolism.* Ed. L.E. Mount, Cambridge, p.17-21.

THOMAS C., 1980. Conserved forages. In : *Feeding stategies for dairy cows,* Ed. W.H. Broster, C.L. Johnson, J.C Taylor, Condon, p.8. 1-8. 14.

TROCCON J.L., RULQUIN H., JOURNET M., 1979. Capacités d'ingestion comparées des vaches primipares et multipares. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **36,** 43-48.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 49-58

Composition du lait et techniques de traite chez quelques espèces domestiques (1)

J. LABUSSIERE

INRA-ENSA, Laboratoire de la Traite
65, rue de St Brieuc, 34042 Rennes Cedex

Cette synthèse bibliographique se propose d'examiner comment le trayeur peut influencer la composition du lait, en veillant à la qualité et à la finition de l'évacuation de celui-ci hors de la mamelle et en choisissant les intervalles horaires entre les traites.

Les exemples retenus ont surtout été choisis dans les espèces bovines, ovines et caprines.

I. Evolution de la composition du lait au cours de la traite

1. Evolution des matières grasses

Parmi tous les constituants du lait, ce sont les matières grasses qui présentent les modifications de concentration les plus importantes au cours de la traite.

Depuis bientôt 2 siècles... (PARMENTIER et DEYEUX, 1799), on sait en effet que le taux butyreux s'accroît d'une façon considérable entre les premiers et les derniers jets mais il importe surtout de citer à cet égard les publications de JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952), WHITTLESTONE (1953) et de CLAESSON (1965). Cette augmentation est signalée par tous les auteurs quels que soient l'espèce, la race, les effectifs contrôlés, le stade et le numéro de lactation et surtout les méthodes différentes de fractionnement et de prélèvement des échantillons qui interdisent une présentation homogène des résultats (tabl. 1 et 2).

C'est ainsi que chez la vache, le lait de fin de traite est environ 4 à 5 fois plus riche que celui relativement pauvre (15 à 20 p.100) qui se trouve dans la citerne et qui est recueilli juste avant ou juste après la pose des gobelets. Pour JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952) le lait d'égouttage peut contenir plus de 150 g de matières grasses par litre (maximum 248 p.1000...!) et en ce qui nous concerne, nous avons pu parfois noter dans le lait résiduel (obtenu après administration d'ocytocine) des valeurs encore plus élevées (LABUSSIERE, 1984). JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952) ont par ailleurs réalisé un inventaire très complet des facteurs pouvant influencer l'accroissement du taux butyreux. C'est ainsi que l'augmentation serait d'autant plus importante que la vache est bonne laitière et que le débit de son lait est élevé. On comprend ainsi que ce soit le matin, ou après de longs intervalles entre traites (KULIKOV, 1959 ; SYRSTAD, 1976 ; SCHABE, MEDVEDEV et KALANTAR, 1965), mais aussi en 3ème lactation, que le phénomène apparaît le plus accentué, alors qu'inversement, il a tendance à être plus modéré au fur et à mesure que l'on s'approche du tarissement.

Toutefois, et bien que produisant moins de lait, les quartiers avants présentent une différence de concentration entre premières et dernières fractions plus importantes que les quartiers postérieurs. On peut dans ce cas supposer que ces derniers subissent davantage le frottement des pattes arrières susceptible de favoriser le brassage permanent du lait alvéolaire et citernal. JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952) ont en effet montré qu'un massage vigoureux et prolongé de la mamelle entraîne généralement un « aplatissement » considérable de la courbe d'émission des matières grasses.

Chez la brebis (SEMJAM, 1962 ; RUSSEV, GEORGIEV et TANEV, 1963 ; AMINO, 1966 ; LABUSSIERE, 1969) comme chez la chèvre (AMINOV, 1966 ; LEJAOUEN et LE MENS, 1978), on observe des évolutions du même ordre de grandeur que celles rapportées chez la vache (tabl. 2 et fig. 1). Un phénomène analogue est également constaté chez la bufflesse (SHAZLY, SHAHARA et FAHMI, 1974), chez la femme (WHITTLESTONE et PERRIN, 1974) et chez la truie (ONDERSCHEKA, 1973) bien qu'exceptionnellement dans cette dernière espèce, WHITTLESTONE (1953) n'ait trouvé aucun changement du taux butyreux au cours de la traite.

(1) Texte présenté aux Journées sur la composition chimique du lait et ses incidences technologiques. Colloque INRA-ENSAR-INAPG-Rennes 26-28 septembre 1984.

TABLEAU 1

Evolution de la composition du lait au cours de la traite mécanique de la vache

Auteurs	Type d'échantillon	Matières grasses %	Matières protéiques %	Caséines %	Lactose %	Extrait sec dégraissé %	Extrait sec total %	Observations
JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952)	- 0 à 10 % - 30 % à 40 % - 60 à 70 % - 90 à 100 %	2,0 2,8 4,2 9,1						
PAVLOV et BRESLAW (1959)	- citernal avant lavage - traite après lavage - égouttage - résiduel	1,8 2,3 5,0 8,6						
ARISTOVA (1961)	- lait de traite - lait résiduel	2,8 à 4,6 % 8,8 à 19,5 %						
FOSGATE (1961)	- après 30 secondes - après 90 secondes - après 120 secondes					a: 9,78 9,55 9,44 b: 8,73 8,85 8,64	a: 13,16 15,57 17,66 b: 11,05 13,05 14,24	a) Jersey b) Holstein
PORYADKOVA (1963 et 1964)	- lait citernal - lait alvéolaire	x5 dans les alvéoles				un peu plus élevé dans citerne		coagulation difficile dans lait citernal
GILMORE et GAUNT (1963)	- 1ère minute - 2ème minute - 3ème minute - après 3 minutes	a: 2,8 3,9 5,3 6,8 b: 2,2 3,3 4,5 5,8	a: 3,53 3,50 3,45 3,37 b: 3,45 3,41 3,35 3,30			a: 9,06 9,15 9,06 8,98 b: 8,89 9,00 8,90 8,80		a) matin b) soir
SCHWABE, MEDVEDEV et KALUNTAR (1965)	- lait citernal - lait alvéolaire - lait résiduel	1,2 3,9 9,5	peu de variations	peu de variations				
LEWIS et DAVIES (1965)	- 1ers jets - lait de traite - lait d'égouttage	2,19 3,70 6,43				7,73 8,50 7,95		
MACKENSIE et LASCELLES (1965)	- 1ers jets - égouttage - lait résiduel (1) - lait résiduel (2) - lait résiduel (3)	3,40 6,90 14,60 13,70 8,00	3,33 a) 3,18 3,10 2,61 3,24		154,12 b) 150,53 147,57 136,35 138,71			a) pour 100 ml de lait écrémé b) mmoles pour 100 ml de lactosérum
ROTEMBERT et BARANOWSKI (1965)	- début de traite - fin de traite	a: 1,09 5,50 b: 1,46 5,46						a) à la pâture b) à l'étable
CLAESSON (1965)	- 0 à 20 % - 20 à 40 % - 40 à 60 % - 60 à 80 % - 80 à 100 %	1,58 a 2,45 4,08 5,84 8,40	3,57 a 3,76 3,76 3,72 3,72	2,51 a 2,56 2,57 2,48 2,35	5,41 a 5,46 5,44 5,36 5,33	9,95 a 10,06 10,01 9,94 9,91	11,46 a 12,54 14,03 15,49 18,19	a) en g pour 100 ml/H_2O
SUKHORNKOVA et YAKOVLEV (1970)	- lait citernal - lait résiduel		3,37 2,91	a: 2,46 2,02 b: 0,91 0,88				a) caséines b) protéines non coagulables
MILISHENKO et al (1973)	- 1ère minute - 2ème minute - 3ème minute - 4ème minute - 5ème minute	2,21 2,93 4,11 4,73 5,29	2,86 2,93 3,15 2,92 2,72					
DOLGOVA (1974)	- lait citernal - lait résiduel			2,63 2,40				
SHAZLY, SHAHARA et FAHMT (1974)	- 1ers jets - milieu de traite - égouttage	0,94 2,63 6,15				8,73 8,78 8,00	9,63 11,34 11,48	
KAPAC-PARKACEVA et al (1975)	- 1er litre - 8ème litre	2,70 8,50					10,92 16,48	
SYRSTAD (1976)	- 1er litre - égouttage	a: 1,47 10,05 b: 2,63 9,17	a: 3,17 2,79 b: 3,21 2,88					a) matin b) soir
VALDMAN (1976)	- lait citernal - lait alvéolaire - lait d'égouttage - lait résiduel	2,83 5,41 8,53 7.77	3,52 3,49 3,49 3.52		4,61 4,60 4,58 4.44			

DIVERSES THEORIES ONT ETE PROPOSEES pour expliquer cette tendance quasi-générale :

a) Celle de « l'écrémage présentée par ESPE (1946) a été rapidement abandonnée, car une forte proportion du lait reste stockée dans la lumière des acini et le faible diamètre de ces cavités microscopiques n'autorise pas un tel mécanisme. En outre et à titre d'anecdote pour écarter cette hypothèse trop simpliste (faisant appel à la densité plus faible des matières grasses), on peut mentionner que GAINES (1915) obtient toujours le même accroissement « citerno-alvéolaire » en trayant des chèvres... renversées sur le dos !

b) Une théorie qui a longtemps fait de nombreux adeptes est celle suggérée par TURNER (1935). Selon cet auteur, les cellules sécrétrices présenteraient des difficultés croissantes pour « décharger » leurs matières grasses au fur et à mesure de l'accumulation du lait dans la lumière des acini et à cause de l'augmentation de pression intraalvéolaire qui en résulte. Lors de la descente du lait consécutive au réflexe neuro-endocrinien d'éjection, la pression diminuerait et les matières grasses pourraient alors progressivement sortir des cellules (1) comme semblent le prouver les observations microscopiques d'ISAACHSEN (1923) ou celles plus récentes d'OLLIVIER-BOUSQUET (1984) qui dénombrent davantage d'inclusions lipidiques dans le cytoplasme de glandes non traites que dans celui de mamelles récemment « purgées » de leur lait.

c) La théorie de la « filtration » des gouttelettes lipidiques par le réseau des petits canaux galactophores (qui retiendrait les plus grosses d'entre elles) n'est pas admise par tout le monde. A l'appui de cette hypothèse, nous citerons les travaux de HENKEL (1905), WOSNIAK (1950), JOHANSSON (1952), SEMJAM (1962) qui prétendent que la taille des globules gras s'accroît au cours de la traite et que les premiers jets ne contiennent que les plus petits d'entre eux. Cette opinion n'est pas partagée par WHITTLESTONE (1954) qui ne trouve aucune différence de diamètre entre fractions successives et qui propose une autre explication faisant malgré tout appel à la notion de filtration.

d) WHITTLESTONE (1953 et 1954) pense en effet que les globules ont tendance à s'agglutiner sous forme de gros aggrégats qui ne peuvent s'infiltrer dans les canalicules mammaires. Le lait possèderait en effet une agglutine favorisant ce phénomène (DUNKLEY et SOMMER, 1944). Seules, quelques particules libres pourraient descendre dans la citerne qui ne contiendrait donc, en début de traite, qu'un lait relativement pauvre. L'arrivée de l'ocytocine sur les cellules contractiles myoépithéliales et l'aplatissement des acini qui en résulte, briserait les aggrégats et permettrait alors aux matièges grasses de progresser vers les régions proches du trayon.

Si dans l'état actuel de nos connaissances, il semble difficile de choisir entre l'hypothèse de TURNER (1935) et celle de WHITTLESTONE (1954), il nous faut malgré tout remarquer que ces 2 auteurs insistent sur la nécessité d'une bonne évacuation du lait alvéolaire pour obtenir le maximum de matières grasses.

Nos résultats sur brebis laitières sont à cet égard probants puisque l'accroissement du taux butyreux en cours de traite est plus accentuée chez les sujets à 2 émissions, fournissant successivement et d'une façon distincte leur lait citernal puis leur lait alvéolaire (chassé des acini par l'ocytocine) que chez ceux à une émission dont le réflexe neuro-endocrinien d'éjection a été bloqué (fig. 1).

Cette dernière catégorie d'animaux peut vraiment être qualifiée de « difficile à traire » puisqu'il apparaît au tableau 3 que sur les 19,69 grammes de matières grasses présents dans la mamelle, la machine seule, (sans interventions manuelles) ne peut en extraire que 4,88 g (24,7 p.100) et en laisse dans le pis 14,81 g (75,3 p.100) qui ne peuvent être obtenues qu'après un égouttage mécanique et manuel et après une injection d'ocytocine.

Il faudra bien entendu tenir compte de l'inaptitude à la traite de ces brebis à une émission ou de l'inaptitude à la traite des vaches qui « retiennent » leur lait si l'on envisage de supprimer les opérations contraignantes que l'éleveur effectue généralement encore, juste avant et juste après la dépose des gobelets. Les quantités importantes de matières grasses qui seraient alors abandonnées dans la mamelle risqueraient en effet de :

- freiner le métabolisme des cellules sécrétrices et de réduire encore plus la production,

- modifier sensiblement les qualités fromagères du lait car une traite incomplète affecte beaucoup moins la concentration des autres composants du lait.

2. Evolution des autres constituants (tabl. 1 et 2)

En règle générale, la concentration des autres constituants du lait est beaucoup plus stable au fur et à mesure du déroulement de la traite :

a) Le taux protéique chez la vache resterait pratiquement inchangé pour CZAKO (1961), SCHWABE, MEDVEDEV. KALANTAR (1965), VALDMAN (1976) mais GILMORE et GAUNT (1963), MACKENSIE et LASCELLES (1965), SUKHORUKOVA et YAKOVLEV (1970), MILOSHENKO *et al.* (1976), SYRSTAD (1976) observent malgré tout une diminution de 1,5 à 5 g par litre dans les dernières fractions et tout particulièrement dans le lait résiduel. CLAESSON (1965) fait la même constatation mais signale aussi cet appauvrissement dans les tous premiers jets (2). Selon CLAESSON (1965), cette évolution protéique reflèterait surtout celle des caséines (dont le taux s'accroît d'abord faiblement avant d'atteindre le long plateau qui précède la diminution finale) puisque l'azote non coagulable varie au contraire de façon complètement inverse.

Chez la « chèvre » (LE JAOUEN et LE MENS, 1978) et chez la « brebis » (RUSSEV, GEORGIEV et TANEV, 1963 ; LABUSSIERE, 1969), on remarque également une grande stabilité du taux protéique (ou du taux azoté) en cours de traite mais aussi une baisse de 4 à 5 g/litre vers la fin de la traite (fig. 1).

(1) Selon PAVLOV et BRESLAW (1959) l'extrusion des gouttelettes lipidiques hors des cellules sécrétrices aurait lieu au moment de la traite grâce aux stimulations mammaires et à la réalisation d'un réflexe médullaire purement nerveux. Cette hypothèse est très controversée puisqu'aucune innervation motrice n'a pu réellement être mise en évidence sur le tissu alvéolaire et surtout puisque la dénervation du pis n'appauvrit pas le lait en matières grasses (LABUSSIERE, MARTINET et DENAMUR, 1969).

(2) Ces premiers jets pourraient être en réalité constitués par une partie du lait résiduel de la fin de la traite précédente qui, en ruisselant le long des canaux galactophores, s'accumulerait juste au-dessus du trayon. La similitude des taux protéiques des premières et dernières fractions plaide en faveur de cette hypothèse déjà suggérée par JOHANSSON, KORKMAN et NELSON (1952). Ces auteurs avaient en effet remarqué que, grâce à cet apport résiduel antérieur le taux butyreux du premier échantillon pouvait être supérieur à celui des échantillons suivants.

TABLEAU 2

Evolution de la composition du lait au cours de la traite ou de la tétée d'autres espèces que la vache

Auteurs	Espèce	Type d'échantillon	Matières grasses %	Ø globules	Matière azotée(1) ou protéique (2) %	Lactose %	Extrait sec dégraissé %	Extrait sec total %
SEMJAM (1962)	Brebis	- 1ère partie de la traite - 2ème partie de la traite - lait résiduel	taux butyreux x 2 à 3	3,42µ 3,68µ 3,83µ				
RUSSEV, GEORGIEV et TANEV (1963)	Brebis	- lait de traite - lait d'égouttage - lait résiduel	5,29 9,07 10,32		(2) 5,62 5,18 5,03	4,55 4,43 4,25		
AMINOV (1966)	Brebis	- lait citernal - lait de réflexe - lait d'égouttage - lait résiduel	1,7 à 5,9 8,9 à 12,1 12,3 à 18,2 12,3 à 16,3					
LABUSSIERE (1969)	Brebis		matin / soir		matin / soir			
		- lait citernal	4,63 / 5,63		(1) 5,47 / (1) 5,38			
		- lait de réflexe	7,03 / 7,79		5,25 / 5,29			
		- égouttage machine	9,51 / 9,54		5,15 / 5,28			
		- égouttage manuel	14,00 / 14,03		5,22 / 5,33			
		- lait résiduel	15,48 / 15,46		4,79 / 4,89			
AMINOV (1966)	Chèvre	- lait citernal - lait de réflexe - lait d'égouttage	1,8 à 2,0 5,7 à 6,1 9,8 à 11,3					
LE JAOUEN et LE MENS (1978)		- début de traite - milieu de traite - fin de traite	1,7 à 2,3 2,3 à 3,0 3,2 à 4,6		Légère diminution en fin de traite	Légère diminution en fin de traite		
SHAZLY, SHAHARA et FAHMI (1974)	Bufflesse	- lers jets - milieu de traite - égouttage	2,81 5,93 10,22				9,83 9,31 9,23	12,64 15,64 19,53
ONDERSCHEKA (1973)	Truie	- début de traite - milieu de traite - fin de traite	augmentation entre début et fin de traite					
WHITTLESTONE et PERRIN (1954)	Femme	6 échantillons à intervalles réguliers au cours de la tétée	1 2 3 4 5 6	1,21 1,32 1,47 2,75 2,75 4,39				

TABLEAU 3

Répartition des matières grasses dans les différentes fractions de la traite du matin chez des brebis Préalpes du Sud (LABUSSIERE, 1969)

	Lait citernal (1ér pic)	Lait alvéolaire (2ème pic)	Lait d'égouttage à la machine	Lait d'égouttage manuel	Lait résiduel (ocytocine)
Brebis à 2 émissions	4,67 g	6,23 g	2,67 g	3,87 g	3,57 g
Brebis à 1 émission	4,88 g soit 24,7 %	-	3,37 g	4,13 g	7,31 g 14,81 g soit 75,3 %

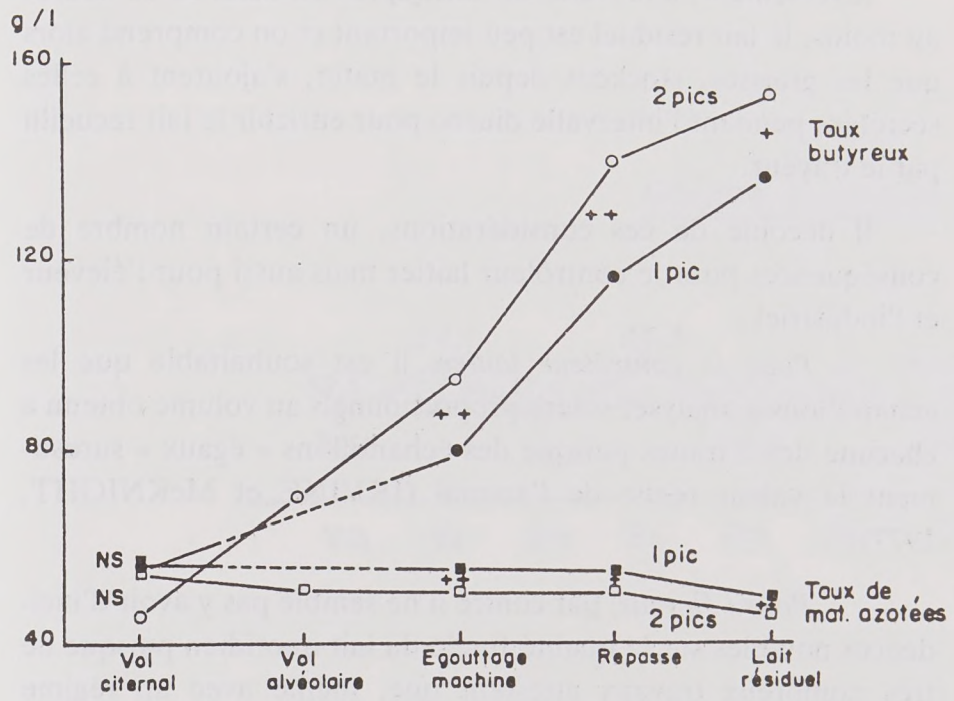


FIG. 1 : *Evolution de la composition du lait au cours de la traite du matin chez la brebis* (LABUSSIERE, 1969)

2 pics : brebis à 2 émissions fournissant à la machine leur lait citernal puis alvéolaire.

1 pic : brebis à une émission ne fournissant à la machine que leur lait citernal

b) Le taux de lactose reste également relativement stable chez les *bovins* (CLAESSON, 1965 ; MACKENZIE et LASCELLES, 1965 ; VALDMAN, 1976) chez les *ovins* (RUSSEV, GEORGIEV et TANEV, 1963) et chez les *caprins* (LE JAOUEN et LE MENS, 1978) mais comme dans le cas des protéines, les dernières fractions sont légèrement moins concentrées (1 à 3 g).

c) En ce qui concerne les éléments minéraux, MACKENZIE et LASCELLES (1965) signalent entre le lait citernal et le lait résiduel une réduction de 12 à 15 p.100 sur les teneurs en citrate et magnésium et de 24 p.100 sur celles en phosphate inorganique et en calcium. Ils observent au contraire un accroissement de 28 p.100 et 29 p.100 sur le sodium et les chlorures.

Selon MACKENZIE et LASCELLES (1965), les concentrations citernales plus élevées en citrate, magnésium, lactose, etc... s'expliqueraient par une réabsorption d'eau importante au niveau des canaux galactophores. Cette réabsorption serait encore plus intense pour le sodium et les chlorures justifiant ainsi la pauvreté relative du lait citernal pour ces éléments.

Bien que CLAESSON (1965) ait observé la même tendance pour les chlorures, il importe de considérer ces hypothèses avec prudence, surtout si l'on tient compte du fait que VALDMAN (1976) ne trouve aucun changement significatif pour le calcium, le sodium et le potassium.

3. Incidences pour l'industrie fromagère et règles à respecter pendant la traite

L'évolution différente des principaux constituants du lait se répercute sur le temps de coagulation qui diminue de 5 à 10 p.100 jusqu'à la moitié de la traite puis s'accroît ensuite d'environ 15 p.100 jusqu'à la fin. Ces valeurs moyennes empruntées au travail très complet de CLAESSON (1965) cachent en réalité de grandes différences individuelles puisque chez certaines vaches l'écart entre fraction peut dépasser 100 p.100 avec parfois même des premiers jets qui ne peuvent pas coaguler.

On conçoit donc qu'au niveau de l'éleveur, il soit important de tout mettre en œuvre pour que l'évacuation du lait alvéolaire soit régulièrement assurée. Outre le maintien d'un rapport « gras / sec » conforme aux souhaits de l'industriel laitier, ceci offre l'avantage :

- de permettre une expression optimum des potentialités génétiques de l'animal et de mieux valoriser les rations qui lui sont distribuées,

- de permettre aux organismes de contrôle laitier de juger plus objectivement les qualités réelles de la femelle puisque toute rétention exagérée de lait résiduel pénalise fortement le taux butyreux sans affecter d'une façon sensible la concentration des autres constituants.

Il serait trop long de citer ici l'abondante bibliographie (cf. LABUSSIERE et RICHARD, 1965) concernant les conditions requises pour la réalisation d'un bon réflexe d'éjection du lait. Nous nous bornerons donc seulement à rappeler quelques recommandations valables pour l'espèce bovine :

a) éviter toute frayeur ou perturbation de l'environnement de l'animal susceptible d'interdire la décharge d'ocytocine ou d'empêcher l'action de cette hormone,

b) masser vigoureusement la mamelle avec un linge humide et chaud pendant un minimum de 30 secondes et poser ensuite les gobelets le plus rapidement possible,

c) utiliser une machine à traire dont les organes et paramètres de fonctionnement (manchons trayeurs, rapport et vitesse de pulsation, niveau de dépression, puissance de la pompe à vide, diamètre des canalisations, etc...) sont en conformité avec les normes définies par l'A.F.N.O.R. en 1975,

d) terminer la traite par un égouttage à la machine n'excèdant pas 20 à 30 secondes puisque ce temps suffit pour extraire le lait encore retenu dans la citerne au-dessus de l'étranglement du trayon. La suppression de l'égouttage est d'ailleurs envisageable dans la mesure où le lait alvéolaire a quitté la lumière des acini et où le lait laissé dans la citerne peut alors être récupéré à la traite suivante.

II. Effets de l'intervalle entre traites et de leurs fréquences quotidiennes sur la composition du lait

1. Intervalle entre traites du matin et du soir

Lorsque l'on pratique deux traites par jour, il est bien connu que le lait « du soir » est plus riche que celui du « matin ».

Pour les matières grasses, l'écart est, *chez la vache,* de l'ordre de 5 à 8 g / litre mais il est difficile de citer des valeurs précises sans tenir compte de la race, du niveau de production du stade de lactation et surtout de l'intervalle entre les traites. Le taux butyreux est en effet d'autant plus faible que cet intervalle est long : 6,1, 5,0, 4,2 p.100 respectivement après 8, 12 et 16 heu-

res pour McMEEKAN (1956) et 4,7, 4,6, 3,8, 3,7 après 8, 9, 12, 15 et 16 heures pour HANSSON *et al.* (1958).

Chez la brebis, la différence « matin-soir » se situe entre 10 et 20 g/litre selon les auteurs (CERNEV, 1962 ; LAI et COSSEDU, 1968 ; CASU et LABUSSIERE, 1972 ; LABUSSIERE, COMBAUD et PETREQUIN, 1974 ; BENMEDERBEL, 1982) mais il est vrai que dans cette espèce la teneur en lipide est beaucoup plus élevée que chez la vache.

Cette réduction de la concentration du lait avec l'allongement du délai entre les traites est toutefois moins ressentie pour les autres constituants du lait puisque :

a) Dans *l'espèce bovine,* le taux azoté du soir n'est supérieur que de 2 g/litre à celui du matin (LABUSSIERE et COINDET, 1968). D'après VILLIERS et SMITH (1976), la production de matières grasses serait réduite de 5,8 p.100 lorsque l'on passe de 12 à 16 heures alors que pour les matières protéiques, l'effet serait moins sensible (seulement - 1,6 p.100). ANDERSEN et SORENSEN (1962) confirment d'ailleurs cette tendance (le rapport protéine / graisse est égal à 77, 84 et 95 p.100 respectivement après 9, 12 et 15 h) qui est également signalée par McMEEKAN (1956), ISHIKAWA et FUJISHIMA (1976) et BARTSCH *et al.* (1981).

Dans l'espèce ovine, le taux azoté du soir semble être également un peu plus fort que celui du matin (CERNEV, 1962 ; CASU et LABUSSIERE, 1972 ; LABUSSIERE, COMBAUD et PETREQUIN, 1974 ; BARILLET et GAILLARD, 1981) mais la différence est parfois si faible qu'elle est très difficile à mettre en évidence (BENMEDERBEL, 1982).

b) Selon VAN DER HAVE, DEEN et MULDER (1979), le lactose serait encore moins affecté que les protéines par les horaires de traite. LABUSSIERE et COINDET (1968) citent *chez la vache* les valeurs de 4,94 et 5,05 g/litre respectivement après 13,5 h et 10,5 h de traite et VOIGTLANDER et BOTHEN (1978) trouvent même des écarts plus faibles (+ 0,11 g/litre l'après-midi).

c) Pour McMEEKAN (1956), ORMISTON *et al.* (1967), LINNERUD (1964), MOORE (1968), ISHIKAWA et JUJISHIMA (1976), TAKATA, NAKAI et HARASUCHI (1979), VAN DER HAVE, DEEN et MULDER (1979), BARTSCH *et al.* (1981), les taux d'extrait sec dégraissé du soir ne deviennent significativement supérieurs à ceux du matin que si l'intervalle nocturne dans *l'espèce bovine* dépasse 15 à 16 heures.

D'après ELLIOT (1959), les concentrations plus élevées observées à la traite du soir pour les principaux constituants du lait, ne résultent pas d'une sécrétion plus intense pendant la journée, mais traduisent seulement une différence dans la « qualité de l'éjection ».

En effet, il est maintenant bien admis que le lait résiduel très riche en matières grasses (cf. I.1) est d'autant plus volumineux que l'intervalle qui précède immédiatement la traite est long.

Ainsi, le matin après 14 heures (ou plus) « d'attente », une grande quantité de matières grasses se trouve-t-elle retenue dans la lumière des acini. Le taux butyreux du lait « effectivement trait » reste donc relativement faible.

Inversement, à la traite du soir, après un délai de 10 heures au moins, le lait résiduel est peu important et on comprend alors que les graisses, stockées depuis le matin, s'ajoutent à celles sécrétées pendant l'intervalle diurne pour enrichir le lait recueilli par le trayeur.

Il découle de ces considérations, un certain nombre de conséquences pour le contrôleur laitier mais aussi pour l'éleveur et l'industriel :

- *Pour le contrôleur laitier,* il est souhaitable que les échantillons à analyser soient proportionnels au volume obtenu à chacune des 2 traites puisque des échantillons « égaux » surestiment la valeur réelle de l'animal (IRVINE et McKNIGHT, 1977).

- *Pour l'éleveur,* par contre il ne semble pas y avoir d'incidences notables sur la qualité finale du lait quotidien puisque de très nombreux travaux attestent que, même avec un régime « 8 h - 16 h », la composition du « mélange matin - soir » reste identique à celui du mélange témoin « 12 h - 12 h » (POLJARVI, 1953 ; KOSHI et PETERSEN, 1954 ; McMEEKAN, 1956 ; HANSSON *et al.*, 1958 ; HIMMEL, 1964 ; CZAKO, BALIKA et KOESIS, 1968 ; ICHIKAWA et FUJISHIMA, 1976). On conçoit en effet aisément qu'il puisse en être ainsi puisque les produits de sécrétion retenus en abondance dans la mamelle après des intervalles longs peuvent être restitués au trayeur après des intervalles courts.

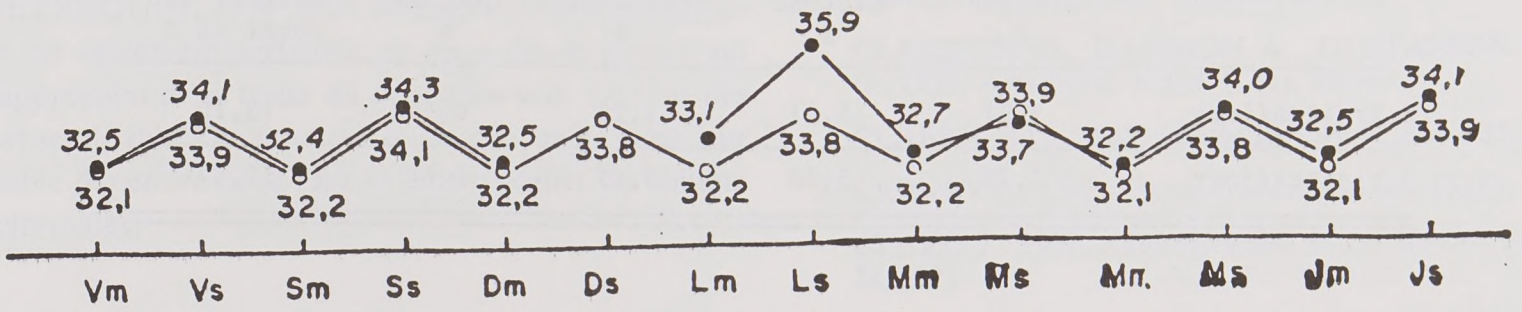
- Il convient toutefois de rester prudent quant aux éventuelles répercussions *pour l'industriel* laitier puisque CLAESSON (1965) estime que le temps de coagulation est accru d'environ 12 p.100 lorsqu'on passe d'un « système 12 h - 12 h » à un « système 9 h - 15 h » ou « 8 h - 16 h ». Cette augmentation apparaît malgré tout surprenante si l'on sait que ce même auteur ne trouve pas de différence significative entre temps de coagulation du soir (8 h) et du matin (16 h) et si l'on prend en considération les observations précédentes sur la composition du lait des 2 traites, séparément ou en mélange.

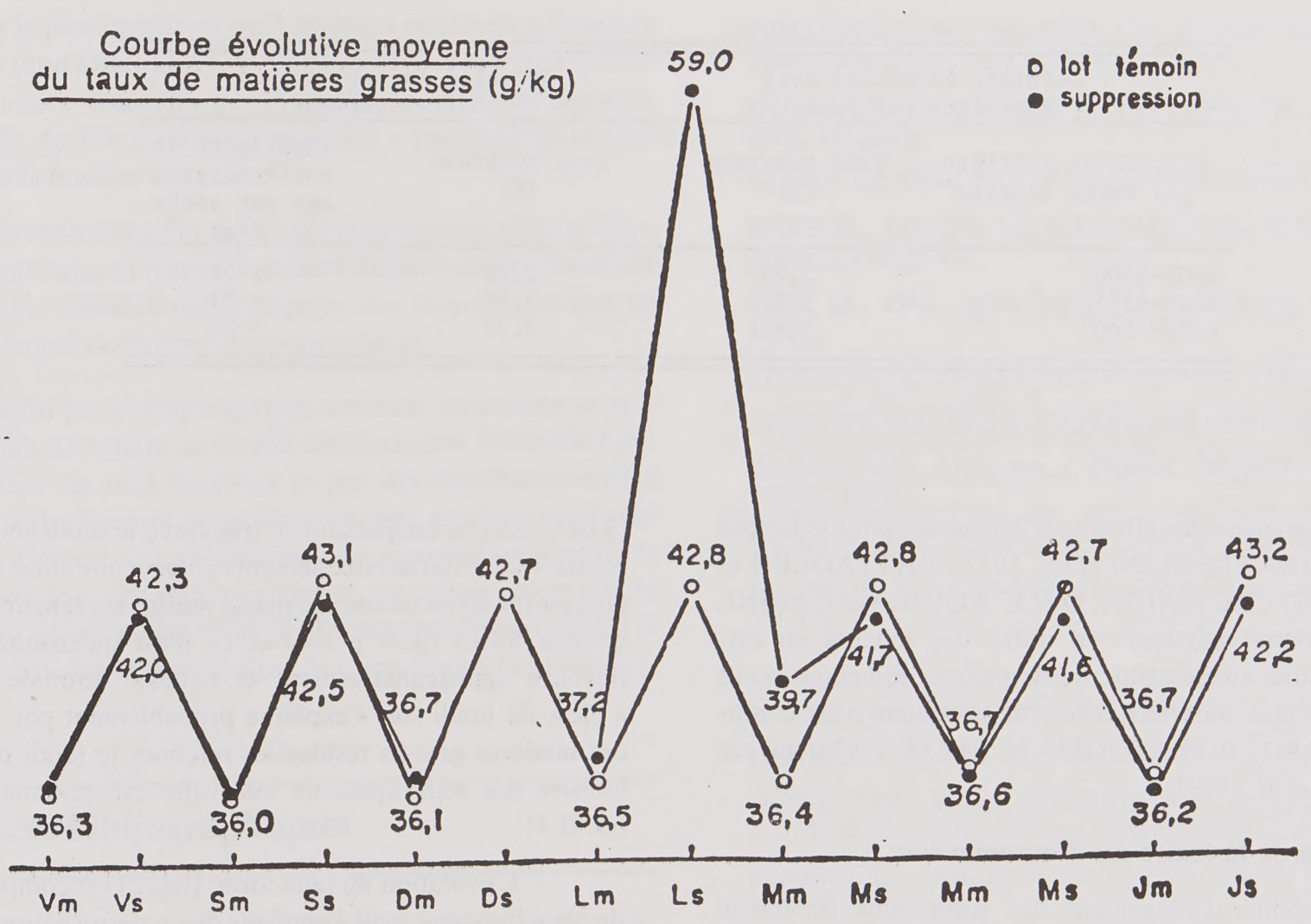
2. Modifications de la fréquence quotidienne des traites

a) Le passage de 2 à 3 traites par jour *chez la vache* changerait peu le taux butyreux (CASH et YAPP, 1950 ; KOPECKY et GROLIG, 1956 ; SAATHOF, 1957 ; MAGAKYAN, 1958 ; ZAGRISHEV et KOZHIKOVA, 1958 ; SUCHANEK, 1961) ou à la rigueur, abaisserait très faiblement la concentration des principaux constituants (tabl. 4) à cause d'une excrétion d'eau légèrement accrue (HANSSON et BONNIER, 1946).

Ces résultats déjà anciens obtenus sur des animaux aux potentialités laitières « modestes » ont été confirmés récemment en Israël (Anonyme, 1982) sur 32 troupeaux à haut niveau de production (tabl. 5).

b) L'adoption d'une seule traite quotidienne *dans l'espèce bovine* ne provoque pas non plus de modifications importantes de composition malgré une baisse notable (30 à 50 p.100) de la quantité de lait (HESSELTINE *et al.*, 1953 ; PARKER, 1965 ; WILSON, 1965). Pour CLEASSON *et al.* (1959), les taux de chlorures et de protéines non coagulables seraient néanmoins significativement augmentés et celui du lactose diminué. Quant à INTRIERI *et al.* (1982), ils ne trouvent aucune incidence de la traite unique sur les teneurs en calcium, magnésium, potassium, sodium et phosphore.





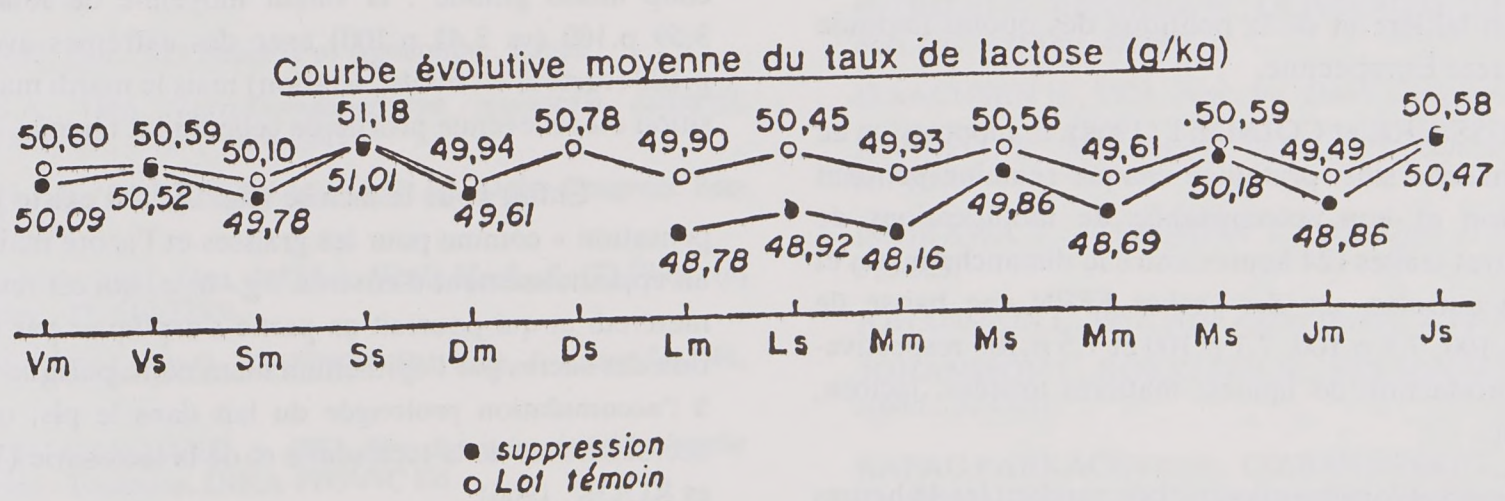


FIG. 2 : *Effets de la suppression de la traite du dimanche soir sur la composition du lait de vaches FFPN* (LABUSSIERE et COINDET, 1968)

TABLEAU 4

Incidence du nombre de traites sur la composition du lait
(d'après HANSSON et BONNIER, 1946)

	Graisse %	Lactose %	Protéines %	Cendres %	Extrait sec total en %
2 traites/jour	3,91	5,31	3,22	0,66	13,10
3 traites/jour	3,79	5,28	3,15	0,65	12,87

TABLEAU 5

Influence du nombre de traites et du niveau de production laitière sur le taux butyreux des vaches
(Anonyme, 1982)

Dernière lactation avec 2 traites par jour		Nouvelle lactation avec 3 traites/jour	
Production laitière par vache (litre)	Taux butyreux (%)	Taux butyreux (%)	Supplément de matières grasses par vache (kg)
4501-5500	3,85	3,92	+ 56
5501-6501	3,70	3,72	+ 51
6501-7500	3,84	3,75	+ 30

Dans l'espèce ovine, les effets sont les mêmes pour le lactose et les chlorures (BATTAGLINI *et al.,* 1977 ; BATTAGLINI et DE MARIA, 1977 ; DE MARIA, DELL' AQUILA et CARINI, 1982) ; ces auteurs signalent en outre des teneurs en calcium et phosphore un peu plus faible mais la réduction qu'ils observent sur le taux butyreux et le taux protéique n'est confirmée ni par CASU, BOYAZOGLU et RUDA (1978) ni par LABUSSIERE *et al.* (1983).

3. Suppression de la traite du dimanche soir

Cette possibilité d'allègement des contraintes de travail connaît actuellement un regain d'intérêt compte tenu de la crise de surproduction laitière et de la politique des quotas imposée par la Communauté Européenne.

Pour LABUSSIERE et COINDET (1968), la suppression de la traite du dimanche soir, pratiquée chaque semaine pendant toute la lactation et non accompagnée de modifications de l'horaire des autres traites (24 heures entre le dimanche matin et le lundi matin) entraîne *sur des vaches FFPN* une baisse de 6,3 p.100, 6,6 p.100, 7,8 p.100, 7,1 p.100 et 7,5 p.100 respectivement pour la production de lipides, matières azotées, lactose, extrait sec et lait.

La sécrétion étant fortement perturbée pendant les 48 heures qui suivent cette omission, le passage du contrôleur laitier avant le mardi soir est donc exclu dans les fermes où cette technique serait adoptée.

- En effet, si le taux butyreux du lundi matin n'est que très légèrement supérieur (3,72 p.100) à celui d'un matin ordinaire (3,64 p.100), il est par contre très élevé le lundi soir (5,91 p.100 contre 4,20 p.100 habituellement) ; il peut atteindre 8,50 p.100 ou plus en fin de lactation. Le mardi matin, les teneurs sont encore un peu fortes (3,97 p.100) et ce n'est qu'ensuite que le lait retrouve approximativement sa richesse normale (fig. 2). Le « pic » du lundi soir s'explique probablement par la restitution des matières grasses résiduelles retenues le lundi matin dans la lumière des acini après un intervalle exceptionnellement long (cf. II.1).

- L'évolution du taux azoté (fig. 2) est comparable à celle du taux butyreux mais l'ampleur des « perturbations » est beaucoup moins grande : la valeur moyenne du lundi soir est de 3,59 p.100 (vs 3,41 p.100) avec des extrêmes avoisinants 4,50 p.100 (surtout en fin de lactation) mais le mardi matin, la composition est redevenue proche de celle du lot témoin.

- Enfin, pour le lactose (fig. 2), il n'existe pas de « compensation » comme pour les graisses et l'azote mais au contraire un appauvrissement d'environ 1 g / litre, qui est ressenti jusqu'au mercredi et qui pourrait en partie s'expliquer par une réabsorption des sucres par l'épithélium mammaire puisque parallèlement à l'accumulation prolongée du lait dans le pis, on observe un accroissement de la lactosémie et de la lactosurie (WHEELOCK et ROOK, 1966).

Ces quelques résultats personnels obtenus chez *la vache* corroborent ceux obtenus par des nombreux autres auteurs parmi lesquels nous citerons en premier lieu CLAESSON (1965) mais aussi WITT (1963), AUTREY, ROLLINS et CANNON (1963) ; NATZKE *et al.* (1965) ; MOORE (1967) ; NIELSEN et SOREN-

SEN (1970) ; ROGUINSKI (1972) ; RADCLIFFE, BAILEY et HORNE (1973) ; FINGER (1974) ; LUCK et SMIT (1976) etc...

Chez la chèvre (MOCQUOT, 1978 ; LE MENS, 1978) ou *chez la brebis* (CASU et LABUSSIERE, 1972 ; ENNE, LOSITO de CARVALLO et RALLO, 1972 ; LABUSSIERE, COMBAUD et PETREQUIN, 1974 ; MALOSSINI, 1975), la composition du lait est également perturbée au cours des 48 heures qui suivent la suppression de la traite du dimanche soir. Le sens des variations est semblable à celui constaté chez la vache mais leur ampleur semble dépendre de la race et en particulier du volume des cavités citernales.

III. Conclusions

Le fait le plus important qu'il convient de retenir à l'issue de cette revue (non exhaustive) est probablement le suivant : la composition du lait « recueilli » par le trayeur ne reflète qu'imparfaitement celle du lait réellement « sécrété » par l'animal et déjà stocké dans la lumière des acini.

Nous avons vu en effet que l'importance du lait résiduel (particulièrement riche en matières grasses) dépend non seulement de la qualité des stimulations appliquées aux trayons pendant les traites mais aussi de l'intervalle entre celles-ci.

C'est ainsi par exemple qu'une rétention abondante et prolongée de lait alvéolaire se traduit toujours dans l'immédiat par une réduction du taux butyreux et par des modifications plus « discrètes » des teneurs en matières azotées, matières minérales et lactose. Comme des mécanismes de « restitution » peuvent être observés lors des traites suivantes, on conçoit donc que la composition du lait puisse subir des fluctuations importantes à la suite des méthodes et des horaires de traite choisis par l'éleveur.

Références bibliographiques

A.F.N.O.R., 1975. Normes U 36000 et U 36011 d'octobre 1975 et additifs du 1er juin 1978.

Anonyme, 1982. Doc. 5-21 Ministry of Agriculture, Israël.

AMINOV S.A., 1966. *Neiro-Gormonal'naya regulyatsija. Laktatsii, 139-145* (in *Dairy Sci. Abst.*, 1967, 284).

ANDERSEN P.E., SORENSEN M., 1962. *Int. Dairy Congress*. Section I.1 - 192-196.

ARISTOVA V.P., 1961. *Vest. Sel'khoz Nauki Mosk.*, **6,** (7) 59-62. (in *Dairy Sci. Abst.*, **27,** 510-3260).

AUTREY K., ROLLINS G., CANNON R., 1963. *J. Dairy Sci.*, **46,** 626 (abst.).

BARILLET F., GAILLARD A. 1981. *6èmes Journées de la Recherche ovine et caprine* - Toulouse. INRA-ITOVIC Ed.

BARTSCH B.D., BECK C.G., WICKES R.B., HEHIR A.F., 1981. *Aust. J. Dairy Technol.*, **36** (1), 26-29.

BATTAGLINI A., DE MARIA C., DELL'AQUILA S., TAIBI L., 1977. *Ann. Ist. Sper. Zootec.*, **10** (2), 123-135.

BATTAGLINI A., DE MARIA C., 1977. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* **10** (1) 73-92.

BENMEDERBEL B., 1972. Thèse Docteur Ingénieur Toulouse n° 222, 101 p.

CASH J.G., YAPP W.W., 1950. *J. Dairy Sci.*, **33,** 382 (Abst. P 29).

CASU S., LABUSSIERE J., 1972. *Ann. Zootech.*, **21** (2), 223-232.

CASU S., BOYAZOGLU J.G., RUDA G., 1978. *2ème Symp. Int. Traite Petits Ruminants,* Alghero, 235-243.

CLAESSON O., HANSSON A., GUSTAFSON N., BRANNANG E., 1959. *Acta Agric. scand.* **9,** (1), 39-58.

CLAESSON O., 1965. *Lantbrukshoegsk. Ann.*, **31,** 237-332.

CERNEV P., 1962. *Zhivotnovdstvo* (Sofia), **16** (6), 41-44.

CZAKO J., 1964. *Allattenyesztes,* **10** (3) 203-209 (in *Dairy Sci. Abst.*, **24,** 232).

CZAKO J., BALIKA S., KOCSIS S., 1968. *Allattenyesztes,* **17** (3), 213-220.

DE MARIA C., DELL'AQUILA S., CARINI S., 1982. *Zootec. Nutr. Anim.*, **8,** 407-418.

DOLGOVA M.S., 1974. *Byull. Vses. Nauchno. Inst. Fiziol. Biokhim. Pitan S-Kh. Zhivotn.* 8 (3) 37-39.

DUNKLEY W.L., SOMMER H.H., 1944. *Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, **151,** 56 p.

ELLIOT G., 1959. *Dairy Sci. Abstr.*, **21** (11), 481-490.

ENNE G., LOSITO DE CARVALHO R., RALLO F., 1972. *Riv. Zootec.*, **45,** 455-472.

ESPE D., 1946. *Ames Iowa,* 314 p. (cité par WHITTLESTONE, 1953).

FINGER K.H., 1974. *Tierarzt. Wochensch.*, **81** (4), 83-86.

FOSGATE O.T. 1961. *J. Dairy Sci.*, **44,** 980 (abstr.).

GAINES W.L., 1915. *Am. J. Physiol.*, **38,** 285 (cité par WHITTLESTONE, 1953).

GILMORE H.C., GAUNT S.N., 1963. *J. Dairy Sci.*, **46,** 680-685.

HANSSON A., BONNIER G., 1946. *Acta. Agric. suec.*, **47** (2), 311-318.

HANSSON A., CLAESSON O., BRANNANG E., GUSTAFSSON N., 1958. *Acta Agric. scand.*, **8** (3), 296-318.

HENKEL T.H., 1905. *Milchiw-Zentralblalt,* **1,** 425-429.

HESSELTINE W.R., MOCHRIE R.D., EATON H.D., ELLIOT F.I., 1953. Bull. 304. College of Agric. Storrs Connecticut, 1-10.

HIMMEL U., 1964. *Arch. Tierz.*, **7** (6), 445-454 (in *Dairy Sci. Abst.*, **27,** 3717).

INTRIERI F., RENDINA N., OLIVIERO G., LELLA T., 1982. *AHI Soc. Ital. Sci. Vet.*, **32,** 395.

ISAACHSEN H., 1923. *Proc. Int. Dairy Congress,* **2,** 1018-1027.

IRVINE O.R., McKNIGHT D.R., 1977. *Can. J. anim. Sci.*, **57** (4), 807-809.

ISHIKAWA T., FUJISHIMA T., 1976. *Jpn. J. zootech. Sci.*, **47** (9), 518-525.

JOHANSSON I., 1952. *Acta Agric. scand.*, **2,** 82-102.

JOHANSSON I., KORKMAN N., NELSON N.J., 1952. *Acta Agric. scand.*, **2,** 43-81.

KAPAC-PARKACEVA N., CIZBANOVSKI T., JORDANOVSKA T., KOVACEK A., 1975. *Godisen Zbornik Zemjodelsko-Sumarski of Univ. Skopje Zemjodelskvo,* **26,** 207-214.

KOPECKY J., GROLIG A., 1956. *Zivocisna Vyroba,* **29** (8), 563-580.

KOSHI J.H., PETERSEN W.E., 1954. *J. Dairy Sci.*, **37,** 673 (abstr.).

KULIKOV L.V., 1959. *Dokl. Mosk Sel's kohoz Akad Timiriazeva,* **45,** 119-124.

LABUSSIERE J., RICHARD Ph., 1965. *Ann. Zootech.*, **14,** (1), 63-126.

LABUSSIERE J., COINDET J., 1968. *Ann. Zootech.*, **17** (3), 231-244.

LABUSSIERE J., MARTINET J., DENAMUR R., 1969. *J. Dairy Res.*, **36,** 191-201.

LABUSSIERE J., 1969. *Ann. Zootech.*, **18** (2), 185-196.

LABUSSIERE J., COMBAUD J.F., PETREQUIN P., 1974. *Ann. Zootech.*, **23** (4), 445-457.

LABUSSIERE J., BENMEDERBEL B., COMBAUD J.F., de la CHEVALERIE, 1983. *3ème Symp. Int. Traite Petits Ruminants* (sous presse).

LABUSSIERE J., 1984. Résultats non publiés.

LAI P., COSSEDU A.M., 1968. *Symp. « Techniques d'élevage et composition des denrées animales »* Dublin, 1-9.

LE JAOUEN J.C., LE MENS P., 1978. *2ème Symp. Int. Traite Petits Ruminants,* Alghero, 54-59.

LEWIS J., DAVIES J., 1965. *J. Soc. Dairy Technol.*, **18** (4), 218-223.

LINNERUD A.C., 1964. *Diss. Abstr.*, **25** (4), 2129-2130.

LUCK H., SMIT J., 1976. *S. Afr. J. Dairy Technol.*, **8** (3), 127-132.

MACKENSIE D.D.S., LASCELLES A.K., 1965. *Aust. J. Biol. Sci.*, **18** (2), 379-386.

McMEEKAN C.P., 1956. *Proc. « Ruakura Fmr's conf week »,* 199-210.

MAGAKYAN A.T., 1958. *Dairy Sci. Abst.*, **23,** 267.

MALOSSINI F., 1975. *Ann. Ist. Sper. Zootec.*, **8** (1), 1-12.

MILOSHENKO V.V., GALAOV K.K., DZITSOEV P.R., MILYUTINA E.M., 1973. *Nauchnye Trudy Stavropol'skii Sel'skokho Inst.*, **4,** 17-19.

MOCQUOT J.C. 1978. *2ème Symp. Int. Traite Petits Ruminants,* Alghero, 175-201.

MOORE C.L., 1967. *J. Dairy Sci.*, **50** (6), 976 - abst.

MOORE C.L., 1968. *63ème Animal Meeting of American Dairy Sci. Assoc.*, 86-90.

NATZKE R.P., SCHULTZ L.H., BARR G.R., HOLTMANN W.B., 1965. *J. Dairy Sci.*, **48** (10), 1295-1299.

NIELSEN S.M., SORENSEN A.N., 1970. *18ème Int. Dairy Congress,* Section 1E, 606.

OLLIVIER-BOUSQUET M., 1984. Comm. pers.

ONDERSCHEKA K., 1973. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernahr.*, **3,** 62 p.

ORMISTON E.E., SPAHR S.L., TOUCHBERRY R.W., ALBRIGHT J.L., 1967. *J. Dairy Sci.*, **50** (2), 1597-1605.

PARKER O.F., 1965. *Proc. « Ruakura Farmers »* Conference Week, 1-7.

PARMENTIER A., DEYEUX N., 1799. Paris, 429 p. (cité JOHANSSON, KORKMAN et NELSON, 1952).

PAVLOV G.N., BRESLAW I.S., 1959. *Int. Dairy Congress,* 1, 8-14.

POLJARVI L., 1953. Cité par ELLIOT (1959).

PORYADKOVA K.A., 1963. *Dairy Sci. Abstr.*, **25,** 336 (2393).

PORYADKOVA K.A., 1964. *Trudy Kishinev Sel'khoz Inst.*, **35,** 56-66 (en russe) (in *Dairy Sci. Abst.*, **26,** 93 (611).

RADCLIFFE J.C., BAILEY L.F., HORNE M.L., 1973. *J. Dairy Res.*, **40,** 247-254.

ROGUINSKY M., 1972. *Ann. Rech. vet.*, **3** (1), 43-60.

ROTEMBERG S., BARANOWSKI S., 1965. *Acta Physiol. pol.*, **16** (3), 465-473.

RUSSEV V., GEORGIEV I., TANEV D., 1963. *Nauchni Trud. Vissh Selskostop Inst. Georgi Dimitrov,* **14,** 421-431.

SAATHOF T., 1957. *Tierzuchter,* **9** (8), 195-197 (in *Dairy Sci. Abst.*, **19** 622).

SCHWABE A.K., MELDEDEV I.K., KALANTAR I.L., 1965. *Trudy oses nauchno issled Inst. Fiziol. Biokhim Sel'khoz Zhivotn,* **2** 281-294 (in *Dairy Sci. Abst.*, 1967, 97).

SEMJAM S., 1962. *Sb. Vys. Sk. pol'nohospod.*, **6,** 187-209.

SHAZLY A.E., SHAHARA H.A., FAHMI A.H., 1974. *Milchwissenchaft,* **29** (6) 355-358.

SUKHORUKOVA T.F., YAKOVLEV V.G., 1970. *Izv. Akad Nauk Kirgi, S-SSR,* **5,** 57-59.

SYRSTAD O., 1976. *Meld. Nor. Landbrukshogsk.*, **55** (3) 1-8.

TURNER C.W., 1935. *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.*, **211,** 51 p.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 59-63

Utilisation d'ensilages de trèfle violet ou de maïs complémentés en pulpe sèche par des jeunes bœufs Normands à l'engrais

A. MULLER*, J.R. PECCATTE* et D. MICOL**

** INRA, Domaine du Pin-au-Haras - 61310 Exmes*

*** INRA-CRZV Theix, Station des Productions bovines et chevalines 63122 Ceyrat*

La faible teneur en matière sèche du trèfle violet aux stades habituels de sa récolte pour ensilage présente divers inconvénients. Outre des dommages à l'environnement par les jus et les odeurs et des pertes en matière sèche qui peuvent être importantes dans ces jus ou par inconsommable, l'ingestibilité par les animaux reste faible, due à la fois aux caractéristiques fermentaires moins favorables de ces ensilages et à la teneur en matière sèche elle-même. Le préfanage et même le ressuyage doivent permettre de pallier à ces inconvénients, mais ils ne sont pas toujours réalisables ou nécessitent de retarder la coupe jusqu'à l'arrivée d'une séquence de beau temps, ce qui entraîne une diminution de la valeur alimentaire du fourrage.

A la suite des essais poursuivis depuis 1975 au Laboratoire des Aliments par DULPHY *et al.* sur des génisses Pie Noires au Domaine INRA d'Orcival, nous avons nous-mêmes récolté à plusieurs reprises des ray-grass anglais riches en eau en y incorporant de la pulpe sèche (6 à 8 p.100 du poids du fourrage vert) mais sans adjonction de conservateur dans l'ensilage. Les caractéristiques fermentaires favorables des ensilages ainsi préparés et leur très bonne ingestibilité nous ont incité à ensiler de la même façon un trèfle violet presque pur et riche en eau avec de la pulpe sèche, puis à le comparer à un ensilage de maïs complémenté à l'auge par de la pulpe sèche en même proportion. Ainsi ces deux types d'ensilage ont été distribués à deux lots de jeunes bœufs Normands de 2 ans à l'engrais.

Conditions expérimentales

Une prairie ensemencée en juin 1980 avec 15 kg de ray-grass anglais Hora et 5 kg de trèfle violet Tétri à l'hectare a été récoltée pour ensilage en second cycle de pousse les 29 et 30 septembre par temps médiocre. Le fourrage vert qui était à très forte dominante de trèfle (le ray-grass était à peine visible dans les andains) était âgé de 6,5 semaines et son taux de matière sèche était alors de 13,5 p.100. En cours de remplissage du silo il y a été ajouté, à raison de 7,5 p.100 du poids vert, de la pulpe sèche qui était répandue sur chaque couche de fourrage. La pulpe a ainsi représenté 33 p.100 de la matière sèche ensilée totale. En finition du silo, la dernière couche de fourrage n'a pas reçu de pulpe mais a été arrosée d'acide formique à raison de 3 p.1000 du poids vert avant la pose du film plastique protecteur afin d'éviter les pertes en surface. Cet ensilage, complémenté par 100 g de minéraux (P = 18 p.100, Ca = 9 p.100) par animal, a été distribué à volonté à partir du 5.11.80 à 24 jeunes bœufs Normands alors âgés de 18,5 mois et pesant seulement 448 kg au début de l'hivernage dans une stabulation libre avec aire paillée couverte. Pendant l'été précédent au pâturage, leur croît moyen journalier avait été de 688 g en 189 jours. Après 3 semaines d'adaptation à cette ration, ils ont été pesés deux jours consécutifs dans les mêmes conditions et répartis en deux lots comparables de 12 animaux appariés en fonction de leur poids vif et de leur croît depuis la mise à l'herbe au printemps précédent.

A partir de ce moment l'un des lots (lot 2) a continué à recevoir l'ensilage de trèfle violet plus pulpe à volonté et les minéraux comme ci-dessus. L'autre lot (lot 1) a reçu, progressivement et à volonté en substitution à cet ensilage, du maïs ensilé (variété LG 11) récolté à 28,2 p.100 de matière sèche auquel a été ajoutée une quantité de pulpe sèche ajustée d'un jour sur l'autre de sorte qu'elle apporte aussi 33 p.100 de la matière sèche. La complémentation azotée et minérale de cette ration, à savoir 100 g d'urée plus 120 g de minéraux de même nature que pour le lot 2, a été quotidiennement épandue sur l'ensilage dans l'auge.

La mesure des quantités offertes et refusées d'ensilage (3 à 4 p.100 de refus tolérés) a eu lieu 4 jours par semaine, et celle de la teneur en matière sèche de chaque ensilage 3 fois par semaine. Les échantillons ainsi prélevés et séchés à l'étuve ont été regroupés en fin d'hiver et soumis à l'analyse classique (MM, MAT, CB). On a procédé de la même manière une fois par semaine pour la pulpe sèche distribuée au lot recevant le maïs ensilé. Quatre échantillons frais de chaque ensilage ont été congelés aussitôt après leur prélèvement au silo, pour la détermination de leurs caractéristiques fermentaires. Enfin l'ensilage de trèfle additionné de pulpe et ensuite l'ensilage de maïs complémenté en azote par l'apport d'urée ont été distribués pendant près de 4 semaines (2 semaines d'adaptation et 10 jours de mesure) à un lot de 6 moutons en cages à bilan pour la détermination de leur valeur alimentaire (digestibilité et ingestibilité).

La pesée (2 jours consécutifs) de début de période expérimentale a eu lieu pour les bœufs 8 jours après la mise en lots car l'adaptation du lot 1 à la ration de maïs ensilé + pulpe s'est faite très rapidement. Ensuite on a pesé les bœufs toutes les 3 semaines, puis 2 jours consécutifs avant leur départ pour l'abattoir du CRZV de Theix. Le choix de la date d'envoi à l'abattoir a été fait pour chaque animal à l'optimum d'état de gras jugé subjectivement.

A l'abattage, on a pesé le contenu digestif, la carcasse chaude et froide, les différents gras séparables ; on a aussi mesuré l'épaisseur de la cuisse et du faux-filet et disséqué la 11ème côte afin d'estimer la composition de la carcasse.

Valeur alimentaire des ensilages et des rations

(cf tabl.1 à 3 ; fig.1)

L'ensilage de maïs ne présente pas de caractéristiques particulières et est bien conservé. Il n'y a pas eu apparemment de pertes par jus dans le silo de trèfle violet, grâce à l'incorporation d'une proportion élevée de pulpe sèche ; sa teneur en matière sèche lors de la distribution a atteint 20 p.100. Le mélange ainsi obtenu a un taux d'azote soluble favorable (46 p.100) et un taux d'azote ammoniacal (9 p.100) acceptable, mais beaucoup d'acide acétique (43 g/kg MS) quoique les pulpes ne fussent pas mélassées, et enfin assez peu d'alcools. Lorsqu'il a été distribué seul aux moutons en cages à bilan (avec 18 g d'urée par jour et par animal), l'ensilage de maïs a eu une digestibilité et une ingestibilité plus faibles en moyenne que celles du trèfle ensilé avec la pulpe sèche qui a été particulièrement bien consommé.

TABLEAU 1

Caractéristiques fermentaires des ensilages

Nature de l'ensilage	Maïs plante entière	Trèfle + pulpe sèche
Taux de MS (%)	28,2	20,0
pH	3,7	4,2
Teneur en MAT (g/kg MS)	81,9	177,2
N Soluble % N total	45,0	45,8
$N\text{-}NH_3$ % N total	6,2	8,9
Acide lactique (g/kg MS)	54,4	72,1
AGV en C2 (g/kg MS)	19,7	43,3
" en C3 " "	0,7	3,1
" en C4 " "	0,3	2,6
" en C5 " "	0,1	0,7
Alcools totaux (g/kg MS)	14,1	17,9
dont méthanol " "	0,4	6,4
" éthanol " "	9,9	8,9
" propanol " "	3,8	2,6
Eléments volatils totaux (g/kg MS)	37	73

NB - 1 : Le taux de MS n'est pas corrigé des éléments volatils

2 : Les éléments volatils totaux sont calculés à l'aide des équations de régression classiques (cf DULPHY et al, 1975)

TABLEAU 2

Composition des aliments, digestibilité et ingestibilité des ensilages

Nature de la ration	Maïs ensilé	Pulpe sèche	Trèfle violet ensilé + pulpe sèche
Composition chimique (% MS)			
Matières minérales	5,1	12,4	12,4
Matières azotées totales	8,1	11,9	17,5
Cellulose brute	20,0	18,4	23,3
Mesures sur moutons			
Digestibilité (%)	69,2	-	74,8
Ingestibilité (g MS/kg $P^{0,75}$)	58,8	-	78,9
Valeur énergétique et azotée			
UFV par kg MS	0,76	0,89	0,84
PDIN g par kg MS	49	78	103
PDIE g	70	95	100

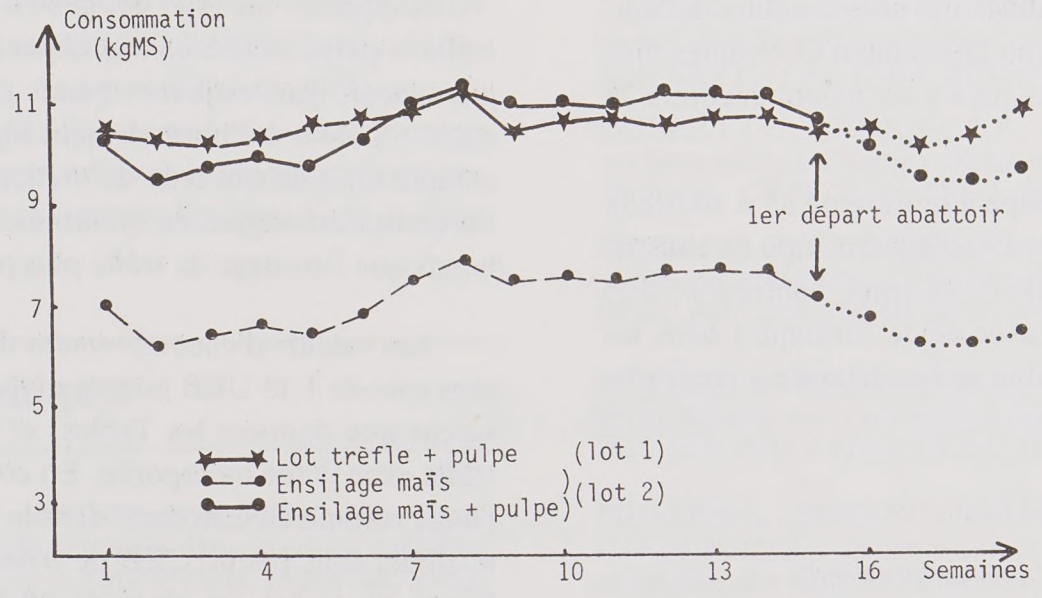


FIG. 1 : *Quantités ingérées* (kgMS / a / j)

TABLEAU 3

Quantités de matières sèches, d'énergie et d'azote ingérées par les bovins

Traitement	Maïs ensilé + pulpe sèche à l'auge		Ensilage de Trèfle violet + pulpe	
Quantités ingérées en kg MS/j				
Ensilage	10,51	7,07	10,62	7,12
Pulpe		3,44		3,50
Urée		0,10		/
Minéraux (18-9)		0,12		0,10
Total		10,73		10,72
Total rapporté au poids vif		2,03		2,01
Energie ingérée (UFV/j)		8,43		8,92
Azote ingéré :				
PDIN (g/j)		775		1095
PDIE (g/j)		820		1060
Recommandations I.N.R.A.	Pour des boeufs de 20-24 mois, pesant 525 kg vif et réalisant un croît de 1000g/j ou 1200g/j			
UFV/jour		8,5		9,5
PDI g/jour		620		645

Les jeunes bœufs du lot 1 qui ont reçu une ration composée de 66 p.100 de maïs ensilé et de 32 p.100 de pulpe sèche ajoutée à l'auge ont ingéré la même quantité de matière sèche par jour et par 100 kg de poids vif que ceux qui ont reçu l'ensilage de trèfle violet plus pulpe (respectivement 67 p.100 et 33 p.100 de la MS ensilée lors de la fabrication).

L'énergie ingérée calculée à partir des mesures effectuées sur les moutons est un peu plus faible dans le cas du lot 1 qui a reçu le maïs ensilé (8,43 UFV) que pour l'autre lot (8,92 UFV).

Les apports azotés assurés par les deux rations ont largement dépassé ceux qui sont recommandés pour des croîts journaliers de 1 000 g (620 g de PDI) ou 1 200 g (645 g). En effet la ration de maïs ensilé plus pulpe a apporté au moins 775 g de PDIN et a été assez bien équilibrée en azote fermentescible ; les apports azotés assurés par la ration de trèfle plus pulpe ont été très excédentaires (d'environ 400 g / jour) mais là aussi assez bien équilibrés en azote fermentescible. Il y a donc eu sans doute des pertes d'azote élevées dans les urines dans le cas du lot 2 ; les animaux de ce lot ont d'ailleurs nécessité une litière abondante et fréquemment renouvelée qui n'a cependant pas suffi à les tenir propres.

Résultats de croissance et d'abattage des animaux (cf tabl.4, fig.2)

Les gains de poids vif observés ont été réguliers et peu différents entre les lots 1 et 2 : 1185 et 1105 g / j respectivement pendant les 98 premiers jours d'expérience pendant lesquels tous les animaux étaient présents, la différence observée de 80 g / j n'étant pas significative. Sur la durée totale d'expérience, les croîts sont demeurés comparables, 1171 g / j pour le lot maïs et 1122 g / j pour le lot trèfle.

Les animaux du lot maïs + pulpe ont été abattus en moyenne 145 jours après leur rentrée en stabulation, soit 115 jours depuis le début d'expérience et 6 jours plus tôt que ceux du lot trèfle + pulpe ; leurs poids moyens lors du départ pour l'abattoir sont respectivement 594 et 601 kg à un âge de 22,5 mois en moyenne. Le poids moyen de carcasse froide a été le même (324 kg) pour les 2 lots. Il n'est pas apparu de différences entre lots en ce qui concerne l'épaisseur du faux-filet et de la cuisse ; par contre, il y a eu un peu moins de gras (−1,2 p.100) et un peu plus de muscle (+1,2 p.100) dans les carcasses des animaux du lot trèfle + pulpe (différences significatives au seuil de 5 p.100).

Discussion

L'incorporation de pulpe sèche dans le trèfle violet lors de la confection du silo a permis d'atteindre le premier objectif que nous nous étions fixés : pas de pertes par jus ni d'odeurs désagréables donc pas de dommages à l'environnement, avec l'économie du conservateur, au prix du travail supplémentaire d'incorporation de la pulpe. Ce travail peut être limité par le transport de la pulpe en vrac dans une pelle portée arrière équipant le tracteur

tasseur. Notons que nous avons utilisé des silos-couloirs de hauteur courante (2 mètres), alors qu'au Domaine d'Orcival les silos font 4 m de hauteur et qu'ainsi des jus s'y formaient encore à 20 ou 21 p.100 de matière sèche.

Ainsi dans notre essai où la pulpe a représenté 33 p.100 de la MS totale ensilée, la proportion de l'ensilage qui a pu être distribué aux animaux a atteint 89 p.100 de ce total, contre 80 p.100 (sans conservateur) et 78 p.100 (avec acide formique) dans les essais de DULPHY *et al.* où la pulpe sèche mélassée a été incorporée à raison de 25 p.100 environ.

TABLEAU 4

Croissance et résultats d'abattage des bœufs

TRAITEMENT	LOT 1 Ensilage maïs + pulpe à l'auge	LOT 2 Trèfle + pulpe ensilés
Poids (kg)		
- à la mise en lots	447,5 ± 31,6	447,9 ± 26,9
- en début expérience	461,4	464,4
- au 1er départ abattoir	576,3	571,6
- en fin d'expérience	594,3 ± 41,5	600,8 ± 32,3
Croîts depuis début expérience (kg/j)		
- jusqu'au 1er départ abattoir (98 j)	1,185 ± 273	1,105 ± 249
- jusqu'en fin d'expérience	1,171 ± 266	1,122 ± 214
- durée expérimentale (j)	115	121
Poids de carcasse froide (kg)	323,7 ± 18,9	323,9 ± 18,5
Rendem. vrai(%) $\frac{\text{poids carcasse}}{\text{poids vif vide}}$	65,2	65,8
Composition de la carcasse (%)		
- gras	21,5 ± 1,8	20,3 ± 1,5
- muscle	63,9 ± 1,7	65,1 ± 1,4
- os	14,6	14,6
Epaisseur Faux-Filet (cm)	7,6 ± 0,4	7,7 ± 0,6
Epaisseur Cuisse (cm)	27,0 ± 1,2	27,0 ± 1,0

Rapporté au kg de poids métabolique, l'ensilage de trèfle + pulpe a été bien ingéré par les moutons (78,9 g de MS) et plus encore par les jeunes bœufs (95,8 g de MS). L'ensilage de maïs + urée a été normalement ingéré (58,8 g) par les moutons compte-tenu de son taux de matière sèche mais avec la pulpe et l'urée il a été ingéré en quantités aussi élevées (96,3 g) par les bœufs que l'ensilage de trèfle plus pulpe.

Les valeurs d'encombrement déduites des mesures sur moutons sont de 1,13 UEB pour le maïs ensilé (ce qui correspond à la valeur que donnent les Tables) et 0,97 UEB pour l'ensilage de trèfle avec pulpe incorporée. En considérant la pulpe apportée à l'auge comme du concentré dans le cas du lot 2, nous pouvons lui attribuer une valeur UEB de 0,68. La capacité d'ingestion des bœufs de ce lot est alors de 10,33 UEB, comparable à celle (10,30 UEB) du lot trèfle + pulpe. Cette capacité d'ingestion est 10 p.100 plus élevée que celle (9,4 UEB) donnée par les Tables.

Si l'on estime selon les Tables à 9,25 UFV l'énergie nécessaire à ces jeunes bœufs (qui pesaient en milieu d'expérience 525 kg vif et réalisaient alors une croissance d'environ 1150 g/j), la valeur énergétique de l'ensilage de trèfle avec pulpe incorporée serait de 0,87 UFV/kg de MS et celle de la ration de maïs avec pulpe ajoutée à l'auge de 0,88 UFV. Ces valeurs sont plus élevées que celles calculées à partir des mesures sur moutons ; elles montrent aussi que la pulpe dans la ration de trèfle + pulpe, ensilés ensemble, s'est comportée pratiquement comme la pulpe apportée à l'auge à l'autre lot, c'est-à-dire comme un concentré.

De telles rations, bien ingérées et riches en énergie ont permis d'engraisser en un peu moins de 5 mois des bœufs jeunes plutôt légers en début d'hiver. On aurait pu espérer qu'une forte proportion de pulpe sèche dans la ration à base de maïs ensilé, en ralentissant les dépôts lipidiques, aurait permis de retarder l'abattage et d'alourdir davantage les carcasses sans risquer d'excès de gras, ce qui n'a pas été le cas. On a cependant fait l'économie d'un apport de protéagineux ou de tourteau de soja tout en réalisant de bonnes performances, voisines de 1200 g par jour. Avec l'ensilage de trèfle plus pulpe, l'engraissement a été un peu plus lent qu'avec le maïs mais les croissances ont été à peine inférieures ; s'il y a eu dans ce cas une mauvaise utilisation de l'azote de l'ensilage, c'est parce que la ration en apportait des excédents très larges.

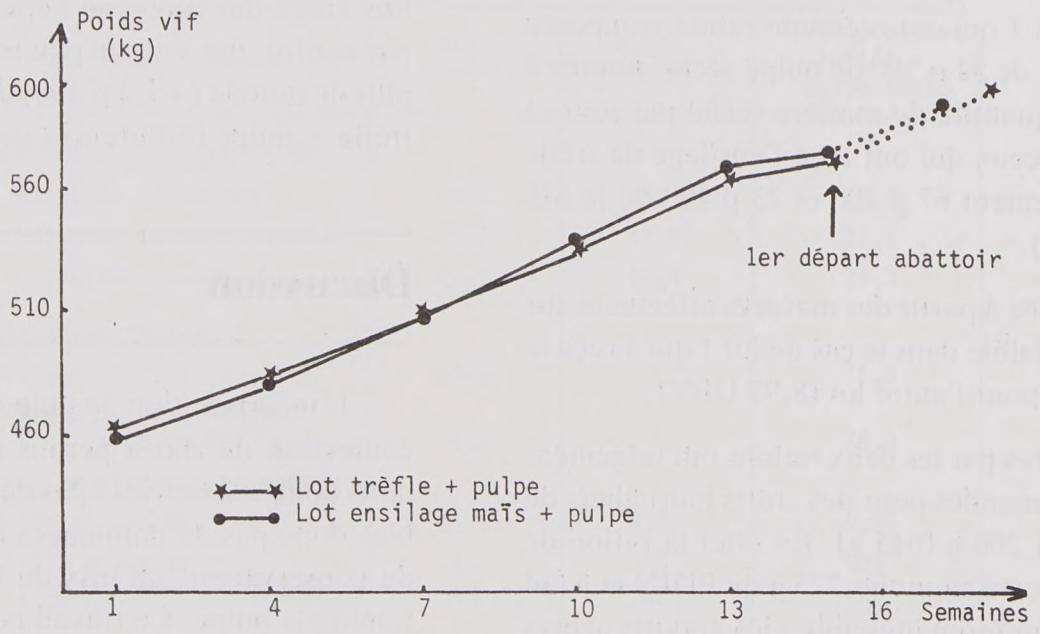


FIG. 2 : *Poids des animaux* (kg)

En conclusion, il se confirme que l'incorporation de pulpe sèche au silo peut être techniquement intéressante lorsqu'on dispose de fourrages très aqueux sans possibilité de préfanage ou même de ressuyage et en faisant l'économie d'un conservateur. Si de plus ces fourrages sont assez riches en azote pour couvrir les besoins des animaux, on pourra aussi faire l'économie de compléments azotés coûteux.

Références bibliographiques

ANDRIEU J.P., DULPHY J.P., 1981. Etude de l'effet conservateur de la pulpe déshydratée mélassée de betterave dans un ensilage d'herbe destiné aux vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **46,** 39-43.

DULPHY J.P., DEMARQUILLY C., 1975. Incorporation de pulpes sèches dans l'ensilage d'herbe : utilisation par les vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **22** 45-52.

DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., 1976. Utilisation par les vaches laitières des ensilages d'herbe enrichis en pulpes de betteraves déshydratées. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **25,** 25-31.

DULPHY J.P., ANDRIEU J.P., 1977. Incorporation de pulpe mélassée de betterave dans l'ensilage d'herbe : utilisation par les vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **29,** 23-28.

MULLER A., BERANGER C., 1978. Production de jeunes bœufs à partir d'herbe verte ou ensilée complémentée avec des pulpes sèches. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **31,** 5-10.

MULLER A., BERANGER C., 1979. Utilisation des pulpes de betterave déshydratées en complément d'ensilage d'herbe par les bovins en croissance et à l'engrais. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **35,** 53-58.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. 1985 (61) 65-77

Utilisation digestive des lipides et conséquences de leur introduction sur la digestion du ruminant

D. BAUCHART*, M. DOREAU** et Françoise LEGAY-CARMIER*

* *Laboratoire d'Etude du Métabolisme énergétique*
** *Laboratoire de la Lactation*

Les vaches laitières fortes productrices sont en bilan énergétique négatif en début de lactation, principalement en raison de leur appétit limité et de leurs dépenses énergétiques importantes pour la production laitière. L'animal puise l'énergie nécessaire dans ses réserves corporelles, ce qui peut entraîner, outre une perte de poids importante, différents désordres métaboliques (stéatose hépatique, cétose) et des troubles sanitaires (mammites, arthrites) ainsi qu'une baisse de la fertilité. L'amélioration des potentialités de production laitière aggrave ces phénomènes.

Pour réduire le déficit énergétique en début de lactation, il est nécessaire de fournir des rations riches en énergie et appétibles. Les effets dépressifs des rations riches en amidon sur le taux butyreux et éventuellement sur la production laitière ont conduit à développer l'emploi de rations supplémentées en matières grasses. Cette tendance est favorisée par la disponibilité sur le marché d'une grande variété de matières grasses de qualité alimentaire et par l'apparition de nouvelles technologies susceptibles d'en améliorer la valeur nutritive.

Cependant, les travaux réalisés au cours des deux dernières décennies montrent que, dans certaines conditions, les matières grasses ajoutées à la ration peuvent perturber les fermentations microbiennes du rumen et ainsi réduire la valeur nutritive de la ration de base, ce qui a longtemps limité leur utilisation dans l'alimentation des vaches laitières.

Aussi, analyserons nous dans un premier temps les caractéristiques chimiques des lipides des différents aliments composant les rations pour le ruminant. Dans un deuxième temps, nous ferons le point de l'état des connaissances concernant le métabolisme des lipides dans le rumen et leurs caractéristiques digestives au niveau intestinal avec des rations classiques et celles supplémentées en matières grasses. Enfin, dans un troisième temps, nous analyserons les effets de l'introduction de matières grasses sur la digestion des constituants non lipidiques de la ration.

(1) La méthode d'extraction des lipides végétaux à l'éther (extrait éthéré) solubilise une majorité des lipides notamment des pigments lipophiles mais ne présente pas les garanties d'une totale spécificité vis-à-vis des lipides. En pratique au laboratoire, on utilise préférentiellement l'extraction à froid par la méthode de Folch (mélange chloroforme-méthanol 2-1 (V / V) suivie d'une extraction du résidu à l'hexane en milieu acide (HCl) qui permet d'extraire spécifiquement et sans dénaturation la totalité des lipides (BAUCHART *et al.*, 1984).

A. Caractéristiques des lipides des aliments du ruminant

1. Fourrages verts

Le contenu en lipides totaux des fourrages verts s'élève en moyenne à 8 p.100 de la matière sèche pour les végétaux jeunes, riches en feuilles et en lipides chloroplastiques (tabl. 1) et diminue jusqu'à 3 p.100 avec l'âge de la plante. Nous avons observé (BAUCHART *et al.*, 1984) que la teneur en acides gras longs totaux, du ray-grass anglais, subissait une baisse de 70 p.100 entre le 1er cycle au stade montaison et une 2ème repousse, puis augmentait ensuite dans une proportion équivalente au cours de la 3ème repousse (BAUCHART *et al.*, 1984).

Les pigments (chlorophylle, carotène, tocophérol) apportent à eux seuls le 1 / 3 environ des lipides totaux (1). Les lipides estérifiés, qui représentent donc 2 / 3 des lipides totaux (environ 5 p.100 de la matière sèche), sont constitués d'environ 33 p.100 de lipides simples (diglycérides, acides gras libres, cires, esters de stérols), 50 p.100 de galactolipides (mono et digalactosyldiglycérides) et de 17 p.100 de phospholipides (fig. 2).

La composition en acides gras des fourrages verts varie peu d'une espèce à une autre ; elle se caractérise par un fort pourcen-

tage d'acides gras polyinsaturés de type acide linoléique (C18 : 3 = 55 à 66 p.100 dans le cas du ray-grass). La luzerne semble faire exception puisque le C18 : 3 ne repésente que 40 p.100 des acides gras totaux.

2. Fourrages secs

Les teneurs en lipides et en acides gras totaux des fourrages secs (tabl. 1), généralement inférieures à celles des fourrages verts, sont fortement influencées par les conditions de récolte. Dans le cas d'une herbe récoltée dans de bonnes conditions (herbe jeune récoltée par temps chaud et sec), la teneur en lipides totaux du fourrage sec peut représenter jusqu'à 4,6 p.100 de la matière sèche (soit 2,3 p.100 pour les acides gras totaux). A l'opposé, dans le cas d'un foin de graminée récolté dans de mauvaises conditions (herbe âgée récoltée par temps humide), la teneur en acides gras totaux peut chuter jusqu'à 0,5 p.100 de la matière sèche (BAUCHART et PONCET, 1985). Les mêmes tendances ont été observées avec les foins de légumineuses.

TABLEAU 1

Teneur (g / 100 g MS) en acides gras totaux et en lipides totaux (extrait éthéré) des principaux fourrages verts et fourrages secs utilisés dans les rations pour ruminant

	ACIDES GRAS	LIPIDES
FOURRAGES SECS		
Paille d'orge	*0,90	1,5
Herbe	1,12	-
Herbe	*2,30	4,60
Foin de graminés récolté dans de bonnes conditions	1,40	-
Foin de graminés récolté dans de mauvaises conditions	0,60	-
Dactyle hâché	0,97	-
Dactyle moulu	0,89	-
Foin de prairie	*1,00	2,00
Foin de prairie	0,54	-
Foin de luzerne	*1,60	2,70
Trèfle rouge hâché	1,65	-
Trèfle rouge moulu	1,80	-
FOURRAGES VERTS		
Ray grass italien	*4,90	12,00
Ray grass anglais (variations au cours de la saison)	1,20 à 3,20	-
Ray grass anglais	*3,60	10,00
Trèfle rouge	*2,30	7,00
Trèfle rouge	2,14	-

* Estimation d'après leur composition probable en lipides

Le séchage artificiel des fourrages peut conduire à une réduction de la teneur en acides gras. Ainsi, OUTEN *et al.* (1975) ont observé que le trèfle séché et conservé sous forme broyée a une teneur en acides gras inférieure de 19 p.100 (1,7 g / 100 g MS) de celle du trèfle frais (2,1 g AG / 100 g MS).

La composition en acides gras totaux des fourrages secs est très variable. Les proportions de C18 : 3 peuvent représenter 64 p.100 des acides gras totaux dans le cas du dactyle (OUTEN *et al.*, 1974) et seulement 5 p.100 avec du foin de prairie naturelle (SUTTON *et al.*, 1970) mais généralement ces teneurs se situent entre 30 et 50 p.100. Ces variations sont à relier, comme dans le cas des acides gras totaux, à la fois au type de fourrage et au stade de croissance au moment de la coupe, et aux conditions de récolte.

3. Céréales et protéagineux

A la différence des végétaux verts riches en pigments et en lipides complexes, les teneurs en acides gras totaux des céréales, protéagineux, tourteaux et concentrés sont très voisines des teneurs en lipides totaux : les triglycérides représentent environ 98 p.100 des lipides de ces aliments et les acides gras 95 p.100 du poids des triglycérides (tabl. 2).

TABLEAU 2

Teneur (g / 100 g MS) en acides gras et en lipides (extrait éthéré) des principaux céréales, protéagineux et tourteaux entrant dans la composition de rations pour ruminants
(Tables INRA, 1978, et PROTECTOR, 1980)

		ACIDES GRAS	LIPIDES
CEREALES (graines entières)			
	Blé	-	1,9 - 2,3
	Seigle	-	1,7 - 2,0
	Orge	1,7* - 2,0*	2,1 - 2,5
	Avoine entière	5,2* - 5,4	5,5 - 5,7
	Avoine décortiquée	-	8,3
	Maïs	4,3*	4,6
	Sorgho		2,6 - 3,7
PROTEAGINEUX (graines entières)			
	Féverole	-	1,5 - 1,6
	Lupin	-	7,4 - 9,8
	Pois	-	3,4
	Soja	18,9*	19,9
	Colza	43,5*	45,8
	Tournesol	31,0*	32,6
TOURTEAUX			
Arachide	expeller	5,2* - 6,8*	5,6 - 7,3
	deshuilé	1,4*	1,5
Colza	expeller	8,2*	8,9
	deshuilé	2,3 - 2,4*	2,5 - 2,6
Soja	deshuilé	2,4 - 2,8*	2,6 - 3,0

* estimation d'après leur composition probable en lipides

La teneur en lipides totaux des céréales est environ 2 fois plus élevée que celle des fourrages secs, et peut représenter jusqu'à 8,3 p.100 de la matière sèche dans le cas de l'avoine décortiquée. Leur composition en acides gras se caractérise par un pourcentage élevé de C18 : 2 (42 à 68 p.100), le C18 : 3 n'étant généralement présent qu'à l'état de traces. Les proportions de C18 : 1 varient fortement puisqu'elles représentent environ 33 p.100 des acides gras totaux dans le cas de l'avoine et de l'orge, et 23 p.100 dans le cas du maïs (tabl. 3).

Les lipides totaux (extrait éthéré) des protéagineux varient dans de grandes proportions, puisqu'ils représentent 1,5 p.100 de la matière sèche dans le cas de la fève et 9,8 p.100 dans le cas du lupin (tabl. 2). Dans les oléoprotéagineux, les teneurs sont nettement plus élevées puisqu'elles sont généralement comprises entre 20 et 46 p.100 (tabl. 2).

4. Tourteaux

La teneur en lipides totaux des tourteaux peut varier considérablement (de 3 à 5 fois) selon le type d'extraction de l'huile (pressage ou extraction par les solvants organiques). Ainsi, le tourteau d'arachide expeller contient 5,6 à 7,3 p.100 de lipides totaux, dans la matière sèche contre 1,5 p.100 pour le tourteau résultant de l'extraction par les solvants (tabl. 2).

D'une façon générale, les tourteaux sont pauvres en acide linoléique C18 : 3 (10 p.100). Le tourteau de soja est riche en C18 : 2 (49 p.100), tandis que le tourteau d'arachide se caractérise par une forte teneur en acides gras monoinsaturés (40 à 60 p.100) (tabl. 3).

5. Aliments composés

Les aliments composés contenant de 30 à 60 p.100 de céréales et 10 à 20 p.100 de tourteau présentent des teneurs en lipides totaux relativement élevées, de l'ordre de 1,5 à 4 p.100 de la matière sèche.

Leur composition en acides gras est généralement caractérisée par une teneur élevée en C18 : 1 (20 à 30 p.100) et surtout en C18 : 2 (45 à 50 p.100), en raison de l'origine des lipides (réserves de graines de céréales et de protéagineux) entrant dans la composition du concentré. Par contre, à la différence des fourrages verts, ils sont pauvres en C18 : 3 (5 à 10 p.100).

6. Supplémentation en matières grasses des rations

La supplémentation en matières grasses des rations pour ruminant peut être effectuée suivant différentes modalités :

- une forme dite « protégée » où les matières grasses sont incorporées généralement dans des particules constituées de protéines (caséines) traitées par des agents tannants (type formaldéhyde). Cette structure reste stable au cours du passage dans le rumen et évite toute interaction des matières grasses avec les microorganismes ; elle se décompose ensuite au pH acide de la caillette permettant ainsi une bonne assimilation de ces constituants lipidiques et non lipidiques dans l'intestin grêle. Cette forme d'apport reste peu employée en France en raison de problèmes technologiques et de son coût ;

TABLEAU 3

Composition en acides gras totaux des principales céréales et tourteaux entrant dans la composition de rations pour ruminants

CEREALES	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2
Blé	17 à 22	0,7 à 1,2	9,4 à 22,1	42,2 à 63,6
Seigle	21	0,6	18	61
Orge	9	3	33	54
Avoine	16,2	-	38,0	44,7
Maïs	5,0 à 11,3	0 à 2,2	23,0 à 28,9	55,0 à 68,0

TOURTEAUX	ACIDES GRAS SATURES	C18:1	C18:2	C18:3
d'arachide	20 à 24	39 à 59	20 à 36	-
de soja	14 à 19,5	21,8 à 24,3	49,2 à 53,4	7,4 0 9,5
de colza	9,6 à 10,9	50,4 à 55,1	23,5 à 23,6	8,6 à 14,3

- un apport sous forme de graine intacte ou éclatée par broyage ou par extrusion (1). Cette forme d'apport qui présente l'avantage de limiter partiellement l'interaction des matières grasses avec les microorganismes du rumen et de fournir simultanément des lipides associés aux protéines du tourteau, se développe actuellement dans la pratique ;

- une forme dite « non protégée », où les lipides incorporés à l'aliment concentré sont présentés, soit imprégnés sur un support poreux (vermiculite, pulpe de betterave), soit sous la forme libre de triglycérides d'acides gras ou de savons d'acides gras.

Dans ces 3 cas, les lipides ajoutés sont distribués généralement avec un apport de cations divalents, principalement Ca^{++}, afin de réduire leur action négative sur les fermentations microbiennes.

Quelle que soit la forme d'apport des matières grasses (tabl. 4) leur teneur dans les rations ne dépasse pas 8 à 10 p.100 de la MS et se situe en moyenne autour de 5 p.100. La nature des matières grasses ajoutées, seules ou en mélange, est aussi bien d'origine végétale (huile de palme, huile ou graine de soja ou de colza) qu'animale (suif, saindoux). En général, les matières grasses de type saturé (suif, huile de palme) sont préférentiellement utilisées en raison de leur effet bénéfique sur le taux butyeux du lait. Les matières grasses à chaîne moyenne (huile de coprah) ou très fortement polyinsaturée (huile de lin, de maïs ou de foie de morue) peuvent causer de sévères dépressions de la digestibilité (CZERKAWSKI, 1966 ; Mc LEOD et BUCHANAN-SMITH, 1972 ; SUTTON *et al.*, 1975).

B. Influence de l'addition de lipides sur le métabolisme des lipides dans le rumen et sur la digestion intestinale des lipides

I. Métabolisme des lipides dans le rumen

1. *Hydrolyse*

Les acides gras alimentaires sont généralement ingérés sous forme estérifiée : glycolipides (galactolipides) et phospholipides dans les fourrages verts, triglycérides dans les aliments concentrés supplémentés ou non en matières grasses, savons d'acides gras. L'hydrolyse microbienne constitue la première étape de leur transformation dans le rumen. Elle constitue un préalable obligatoire à l'hydrogénation des acides gras libérés, la fonction COOH libre étant indispensable pour initier la réaction. Ainsi *in vitro,* la composition en acides gras des triglycérides reste constante pendant l'hydrolyse (NOBLE *et al.,* 1974). De même, HAWKE et SILCOCK (1970) incubant avec le jus de rumen des triglycérides marqués au 1-^{14}C linolénate (C18 : 3) observent qu'après 5 heures d'incubation, la radioactivité dans les triglycérides restants est toujours associée au C18 : 3.

a) Triglycérides

Les réactions d'hydrolyse sont très rapides et pratiquement complètes libérant exclusivement des acides gras non estérifiés et du glycérol (HARFOOT, 1978).

TABLEAU 4

Composition en acides gras des principales matières grasses d'origine animale ou végétale ajoutées aux régimes distribués au ruminant

Acides gras	Suif	M 37	Huile de palme	Huile de coton	Huile de lin	Huile de soja	Huile de colza	Huile tournesol
⩽ C 12	-	4,8	-	-	-	-	-	-
C 14:0	2,4	2,2	-	-	-	-	-	0,9
C 16:0	25,8	23,8	66,8	20,0	7,1	10,2	4,3	10,4
C 16:1	4,3	1,6	-	-	-	-	0,3	0,8
C 18:0	15,4	16,8	9,5	2,3	4,2	4,1	1,8	3,3
C 18:1	43,2	31,7	5,8	22,3	18,1	22,6	61,4	13,2
C 18:2	6,0	14,9	6,8	55,4	15,8	50,8	19,5	66,4
C 18:3	0,7	1,7	1,0	0,7	54,5	18,1	12,8	3,8

(1) Procédé de traitement à sec par la chaleur et la pression provoquant notamment une gélatinisation de l'amidon, le tannage d'une partie des protéines, la destruction de facteurs inhibiteurs de la digestion (facteurs antitrypsiques, antigéniques, destruction d'une proportion importante des thioglycosinolates de la graine de colza...).

Une proportion très élevée (supérieure à 50 p.100) de l'activité lipasique mesurée *in vitro* serait assurée par les hydrolases des bactéries associées aux particules (BAS) dans le contenu du rumen (HAWKE et SILCOCK, 1970). Le reste de l'activité serait sans doute due à l'action des autres fractions bactériennes et peut-être à celle des protozoaires bien que, dans ce dernier cas, elle soit niée par GIRARD et HAWKE (1978). Enfin, les lipases apportées par les cellules végétales semblent ne jouer qu'un rôle très secondaire (DAWSON et HEMINGTON, 1974 ; FARUQUE *et al.*, 1974 ; DAWSON *et al.*, 1977). L'activité lipolytique, envers un même triglycéride, varie avec le type bactérien et une même bactérie dépend fortement de la composition en acides gras des triglycérides. Ainsi, avec *Anaerovibrio lipolytica,* elle est maximale envers la dioléine et nulle vis-à-vis de la tributyrine (HENDERSON, 1971). Il semble que les mono et les diglycérides ne soient que des produits intermédiaires d'hydrolyse des triglycérides, la réaction libérant des acides gras libres et du glycérol.

b) Galactolipides et phospholipides

Les galactolipides des végétaux subissent comme les triglycérides une hydrolyse quasi complète (GARTON, 1967) conduisant à la formation d'acides gras non estérifiés, de galactose et de glycérol sans accumulation de mono ni de diglycéride galactosides (DAWSON et HEMINGTON, 1974).

Les bactéries du rumen possèdent les enzymes nécessaires à l'hydrolyse des galactolipides (DAWSON et HEMINGTON, 1974). CONCHIE et LEVY (1975) ont mis en évidence des α et β galactosidases dans les bactéries mais également dans les protozoaires du rumen. BAILEY et HOWARD (1963) ont montré que le contenu cellulaire des bactéries de rumen de bovin, comportait une activité lipolytique qui ne libère le galactose qu'après libération totale des acides gras. Par contre, certaines espèces de protozoaires du rumen peuvent libérer le galactose des galactosyldiglycérides, que le glycérol soit estérifié par des acides gras ou non (BAILEY et HOWARD, 1963 ; HOWARD, 1963). Par ailleurs, il existerait également dans le rumen des lipases végétales capables d'hydrolyser les galactolipides (DAWSON *et al.*, 1977).

Les galactolipides présents en très faible quantité dans le contenu duodénal seraient en totalité d'origine microbienne et cette particularité ne semblerait pas être modifiée par l'addition de lipides non protégés dans la ration (BAUCHART, LEGAY et DOREAU, non publiés).

Ces caractéristiques sont applicables dans le cas des phospholipides alimentaires. La phospholipolyse est pratiquement totale dans le rumen. D'après JOHN et ULYATT (1984), 95 p.100 de la lécithine alimentaire (phosphatidylcholine) serait hydrolysée dans le rumen et la lécithine fluide quittant le rumen aurait pratiquement comme seule origine les protozoaires (et non pas les bactéries). Par ailleurs, la phosphatidyléthanolamine au niveau duodénal aurait comme double origine les bactéries et les protozoaires (VIVIANI, 1970).

2. *Hydrogénation des acides gras*

L'hydrogénation des acides gras polyinsaturés met en jeu l'isomérisation des doubles liaisons et la formation d'acides gras polyinsaturés porteurs de doubles liaisons conjuguées cis-trans (KEPLER *et al.*, 1964 ; WARD *et al.*, 1964). Le processus d'hydrogénation est très rapide aussi bien *in vitro* qu' *in vivo,* mais n'est possible que si la fonction COOH de l'acide gras est libre.

Les acides gras libérés, en majorité de type polyinsaturé (C18 : 3 et C18 : 2) se fixent à la surface des particules alimentaires non dégradées (HARFOOT *et al.*, 1973b). Ils y subissent l'action des hydrogénases extracellulaires, essentiellement d'origine bactérienne (VIVIANI, 1970). Les protozoaires produisent aussi des hydrogénases (GUTIERREZ *et al.*, 1962). Cependant, leur intervention est peu importante et se limiterait à l'étape de transformation du C18 : 1 trans en C18 : 0 (GIRARD et HAWKE, 1978).

In vivo, l'hydrogénation par les bactéries est facilitée par l'absorption des acides gras non estérifiés à la surface des particules, dans le cas des rations classiques et non pas sur les bactéries elles-mêmes. Ce phénomène protégerait les microorganismes de l'effet toxique des acides gras polyinsaturés ou monoinsaturés de type trans (HARFOOT, 1978).

La proportion de C18 polyinsaturés hydrogénés dans le rumen est en moyenne supérieure à 80 p.100, aussi bien chez le mouton que chez la vache laitière. Elle est plus importante pour l'acide linoléique (C18 : 2 70 p.100). Elle varie selon l'origine et la proportion des constituants alimentaires. Avec une ration à base de fourrages, le principal produit est le C18 : 0 alors qu'avec une ration riche en aliments concentrés (VIVIANI *et al.*, 1967 ; BAUCHART et PONCET, 1985) ou à base d'herbe (BAUCHART et PONCET, 1985) les produits sont proportionnellement enrichis en C18 : 1 cis ou trans. L'addition de lipides non protégés semble conduire aux mêmes effets : l'addition d'huile de foie de morue à la ration de la vache laitière diminue de 22 p.100 le C18 : 0 et augmente de 14 p.100 le C18 : 1 par rapport au témoin (PENNINGTON et DAVIS, 1975).

Il semble en fait que les processus d'hydrogénation des C18 polyinsaturés ne soient totaux (jusqu'au C18 : 0) que si leurs teneurs dans le rumen sont peu importantes : au-dessus d'une valeur de 100 mg/ml, les principaux produits d'hydrogénation sont sous forme de C18 : 1t (acide trans vaccénique) et d'isomères de type cis (C18 : 1 n-9, n-3). L'accumulation de ces isomères pourrait s'expliquer par un changement dans l'ordre d'hygrogénation des doubles liaisons ; d'autre part, des teneurs importantes en C18 : 2 provoqueraient une inhibition de l'hydrogénation du C18 : 1t en C18 : 0 (NOBLE *et al.*, 1974 ; BODY, 1976) alors que les acides gras d'aliments riches en C18 : 3 subiraient une hydrogénation plus complète avec formation d'une quantité importante de C18 : 0.

La quantité de lipides ajoutés à la ration affecte, en la réduisant, l'intensité de la biohydrogénation. BAUCHART, DOREAU et KINDLER (1985) ont observé chez la vache laitière recevant un régime contenant 10 p.100 de matières grasses (apportées par du lait), que l'hydrogénation du C18 : 3 était élevée (93 p.100) et identique à celle du régime témoin. Par contre, le taux d'hydrogénation du C18 : 2 n'était que de 72 p.100 avec le régime riche en lipides contre 82 p.100 avec le régime témoin.

3. *Rôle des microorganismes dans la synthèse des lipides dans le rumen*

Les lipides des protozoaires (3 à 6 p.100 de la MS) sont cons-

titués en moyenne de 30 à 45 p.100 de phospholipides, de 20 à 52 p.100 de lipides neutres (diglycérides, esters de stérols) et de 10 à 24 p.100 d'acides gras non estérifiés. Ils représentent 6 à 18 p.100 des lipides totaux du rumen.

Les bactéries du contenu de rumen sont pour l'essentiel constituées de bactéries adhérant à la phase solide (BAS) (80 p.100) et de bactéries associées à la phase liquide (BAL) (20 p.100). Leurs teneurs en lipides s'élèvent chez le bovin respectivement à 24,2 et 12,2 p.100 de la MS soit un contenu en acides gras de 10,4 et 4,3 p.100 (BAUCHART *et al.*, 1985).

Les lipides bactériens sont constitués par les phospholipides (30 à 40 p.100), les galactolipides (17 p.100) et les acides gras non estérifiés (40 p.100). Leurs acides gras se caractérisent par une proportion élevée d'acides gras ramifiés et d'acides gras saturés linéaires : environ 17 et 58 p.100 des acides gras totaux respectivement (VIVIANI *et al.*, 1967 ; HANSEN, 1966). Les phospholipides présentent des caractéristiques voisines (KEENEY *et al.*, 1962), alors que les lipides neutres sont moins saturés et possèdent en moyenne 18 p.100 d'acide oléique et 18 p.100 d'acide linoléique (KEENEY *et al.*, 1962).

a) captation des acides gras par les microbes et synthèses microbiennes

Une fraction des acides gras polyinsaturés alimentaires échappe à la biohydrogénation microbienne. Ils sont directement absorbés, sans transformation, par les bactéries (EMMANUEL, 1978) et les protozoaires (EMMANUEL, 1974 ; GIRARD et HAWKE, 1978) et intégrés dans leurs lipides de structure.

Cependant, les bactéries du rumen sont capables de synthétiser des acides gras à chaîne longue à partir d'acides gras volatils à chaîne linéaire (C2, C3, C4) ou ramifiée (iso C4, iso C5). Elles produisent essentiellement des acides gras saturés de type linéaire (C16 : 0, C15 : 0, C17 : 0) ou ramifiés (iso C15 et anté iso C15, iso C17 et anté iso C17) (DAWSON ET KEMP, 1969). Les bactéries produisent également, à partir du phytol, des acides gras saturés polyramifiés : acides pristanique et phytanique (HANSEN, 1966). Les acides gras synthétisés sont principalement retenus dans les structures cellulaires sous forme de phospholipides (30 p.100) et d'acides gras libres (70 p.100) (VIVIANI, 1970).

La présence des mêmes acides gras dans les protozoaires peut provenir d'une contamination par des bactéries ingérées par ces organismes, mais avec une population mixte de protozoaires exempte de bactéries. EMMANUEL (1978) a démontré *in vivo* qu'une telle synthèse était possible à partir d'AGV ramifiés ou linéaires.

b) effets de la supplémentation en matières grasses sur le métabolisme des lipides microbiens

L'addition de matières grasses non protégées accroît le nombre (CZERKAWSKI *et al.*, 1975) et la masse totale (BAUCHART *et al.*, 1985) des bactéries du rumen mais réduit la quantité de protozoaires (CZERKAWSKI *et al.*, 1975 ; IKWUEGBU et SUTTON, 1982 ; BAUCHART *et al.*, 1985).

BAUCHART *et al.* (1985) ont montré qu'avec des régimes constitués de foin (50 p.100) et d'aliment concentré (50 p.100), l'addition de suif ou d'huile de colza à raison de 10 p.100 de la MS augmente de 16 à 25 p.100 la quantité de bactéries adhérentes à la phase solide (BAS = 76 à 81 p.100 des bactéries totales du contenu de rumen) mais réduit de 10 à 24 p.100 la quantité de bactéries associées à la phase liquide (BAL = 19 à 24 p.100 des bactéries totales). La présence de fortes quantités de lipides alimentaires non protégés n'affecte donc pas les propriétés d'attachement des bactéries comme l'avaient suggéré DEVENDRA et LEWIS (1974). Globalement, la quantité totale de bactéries est augmentée d'environ 10 p.100 par rapport au régime témoin. Cet effet pourrait être dû, en fait, à la réduction du nombre de protozoaires (BAUCHART *et al.*, 1985), déjà mis en évidence par CZERKAWSKI (1973) et CZERKAWSKI *et al.* (1975), les lipides ajoutés étant toxiques vis-à-vis des protozoaires. Les lipides limiteraient ainsi l'assimilation des bactéries par les protozoaires et donc faciliteraient le développement bactérien dans le rumen (tabl. 5).

L'addition de 10 p.100 de suif ou d'huile de colza double la teneur en acides gras des bactéries de type BAS (19,3 à 20,6 p.100 contre 10,5 p.100 avec le régime témoin) (BAUCHART *et al.*, 1985). Le site d'incorporation des acides gras « supplémentaires » par les bactéries a été localisé au niveau intracellulaire (fig. 1) dans des structures vacuolaires nombreuses et bien individualisées (BAUCHART, GAILLARD, LEGAY et DOREAU, non publiés) et non pas sous la forme de triglycérides adsorbés à la surface externe des bactéries comme CZERKAWSKI et

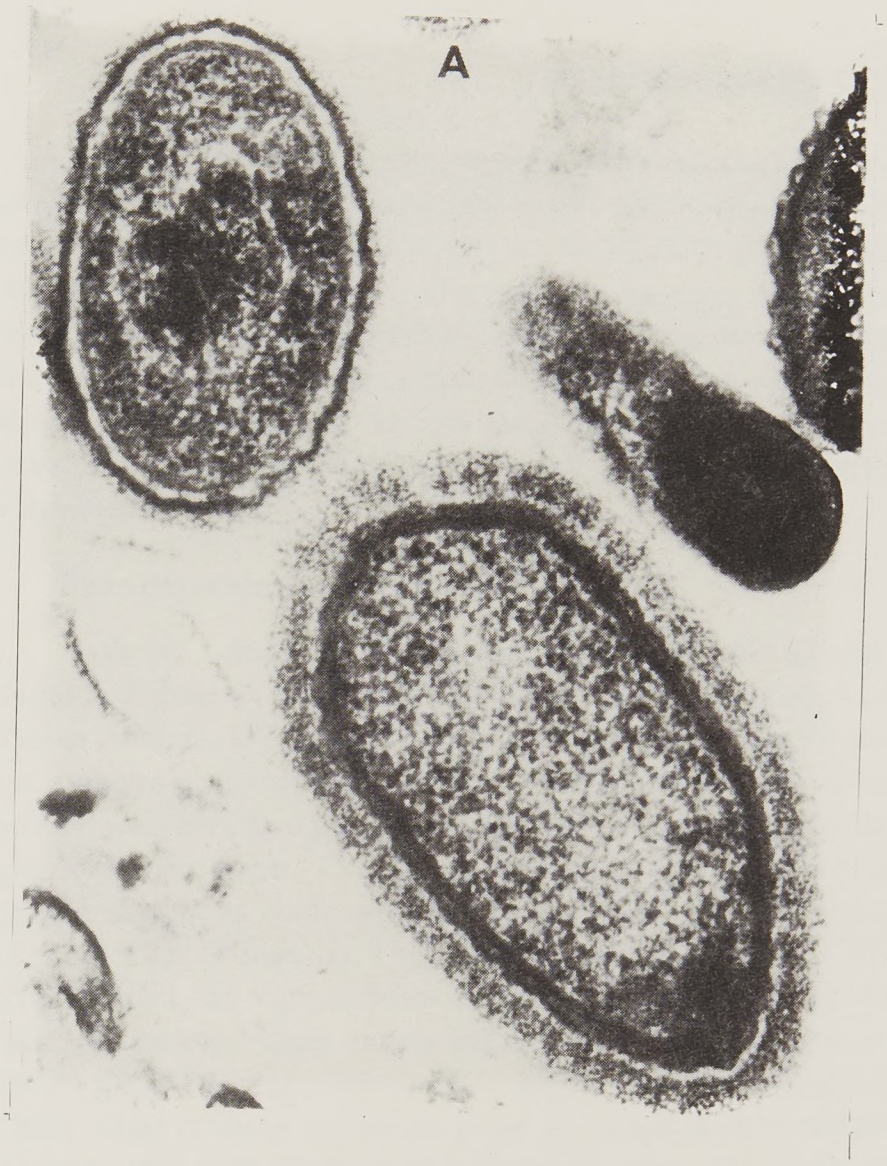
TABLEAU 5

Effects de la nature et de la teneur en matières des régimes sur la quantité et la répartition pondérale des bactéries libres (BAL) et liées aux particules (BAS) dans le rumen chez la vache laitière
(d'après BAUCHART *et al.*, 1985)

	REGIME TEMOIN		REGIME COLZA 5%		REGIME COLZA 10%		REGIME SUIF 10%	
	BAS	BAL	BAS	BAL	BAS	BAL	BAS	BAL
g bactéries totales dans le rumen	392 ± 137^{b}	153 ± 52^{a}	530 ± 69^{b}	140 ± 34^{a}	454 ± 117^{b}	137 ± 26^{a}	493 ± 33^{b}	117 ± 33^{a}
g bactéries par kg contenu	4,65 ± 1,54^{b}	1,84 ± 0,60^{a}	6,48 ± 1,16^{bc}	1,68 ± 0,32^{a}	5,46 ± 1,10^{bc}	1,67 ± 0,33^{a}	6,56 ± 0,57^{c}	1,55 ± 0,38^{a}
g bactéries par kg MSI	25,3 ± 7,6^{b}	10,3 ± 3,9^{a}	31,6 ± 3,1^{b}	8,4 ± 2,2^{a}	27,7 ± 4,7^{b}	8,6 ± 2,3^{a}	31,1 ± 4,4^{b}	7,4 ± 2,3^{a}
% des bactéries*	71,3 ± 8,1^{c}	28,7 ± 8,1^{a}	78,9 ± 5,9^{cd}	21,1 ± 5,9^{ab}	76,1 ± 6,8^{cd}	23,9 ± 6,8^{ab}	81,0 ± 4,0^{d}	19,0 ± 4,0^{b}

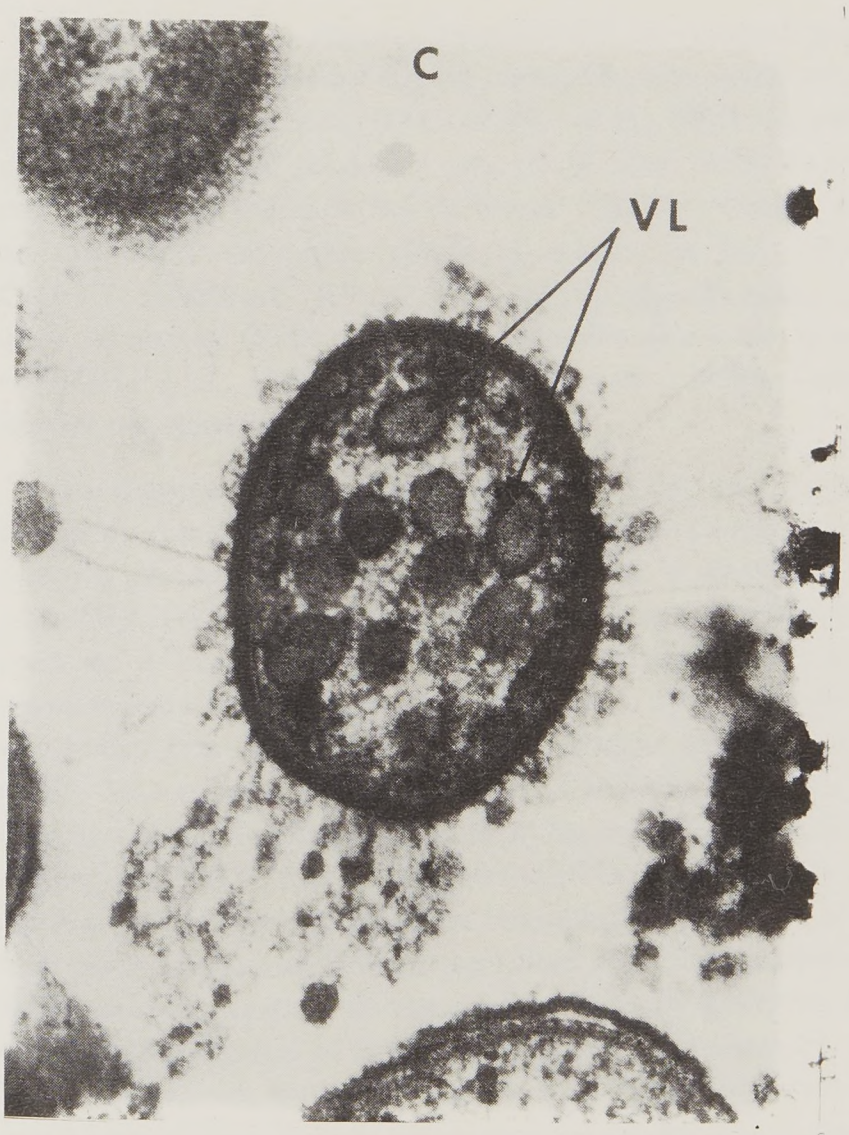
Les valeurs d'une même ligne affectées de lettres différentes (a,b,c,d) sont significativement différentes au seuil $p<0,05$

* Calculé d'après les quantités de bactéries en g / kg MSI



(G × 66 000)

(G × 66 000)



(G × 86 000)

(G × 66 000)

FIG. 1 : *Coupes longitudinales de bactéries purifiées adhérentes à la phase solide (BAS) issues de contenus de rumen de Vache recevant soit un régime témoin, sans adjonction de lipides (A), soit des régimes contenant 10 p.100 d'huile de colza (B) ou 10 p.100 de suif (C) et (D). (microscopie électronique à transmission)*
(d'après BAUCHART, GAILLARD, LEGAY et DOREAU, non publiés).

(VL : vacuoles lipidiques)

CLAPPERTON (1983) l'avaient suggéré. Néanmoins, ces lipides ne sont pas associés sous leur forme native aux structures bactériennes. BAUCHART, LEGAY et DOREAU (1984, non publiés) ont vérifié que les acides gras des fractions acides gras libres, triglycérides et phospholipides des bactéries libres ou liées aux particules étaient généralement beaucoup plus saturés que les acides gras alimentaires, ce qui justifierait l'hypothèse d'une transformation bactérienne des acides gras alimentaires préalable à leur incorporation.

Bilan des acides gras dans le rumen

Avec les rations à base de foin comportant une quantité variable d'aliments concentrés distribuées à des moutons ou à des vaches laitières, le flux journalier d'acides gras dans le duodénum est toujours supérieur aux quantités d'acides gras ingérées en raison principalement d'une synthèse microbienne active d'acides gras dans le rumen. Cependant, l'amplitude de variation est grande suivant la composition des régimes et l'espèce animale (fig. 2). Chez le mouton, l'augmentation est de l'ordre de 10 à 55 p.100 avec des régimes riches en foin, et supérieure à 100 p.100 avec des rations riches en aliment concentré (HOGAN *et al.*, 1972 ; OUTEN *et al.*, 1974, 1975 ; BAUCHART et PONCET, 1985). Chez la vache laitière, la plage de variation est semblable (+ 10 p.100 à + 90 p.100) (BRUMBY *et al.*, 1979 ; HAGEMEISTER *et al.*, 1979 ; BAUCHART, DOREAU et KINDLER, 1985).

Avec les mêmes régimes supplémentés en matières grasses non protégées, le bilan est négatif comme dans le cas de régimes à base de fourrages verts (BAUCHART *et al.*, 1984). Ce phénomène a été observé aussi bien avec des graisses animales fortement insaturées (huile de foie de morue ; SUTTON *et al.*, 1975) ou faiblement insaturées (matières grasses du lait ; BAUCHART, DOREAU, KINDLER, 1985) qu'avec des huiles végétales insaturées (huile de lin) ou saturées (huile de coprah) (KNIGHT *et al.*, 1979). Les causes conduisant à un bilan négatif ne sont pas clairement élucidées.

En présence de fortes teneurs en acides gras, les microorganismes du rumen incorporent préférentiellement *in vitro*, les acides gras alimentaires et réduisent leur propre synthèse d'acides gras (DEMEYER *et al.*, 1978). Ce phénomène a été récemment confirmé *in vivo* (BAUCHART *et al.*, 1985) avec des régimes supplémentés en suif ou en huile de colza. L'absorption directe des acides gras alimentaires à longue chaîne par la paroi du rumen joue un rôle négligeable (BAUCHART, 1981). Le fait que des acides gras d'origine purement bactérienne (AG à chaîne impaire, linéaire ou ramifiée) apparaissent dans les contenus duodénaux devrait correspondre à un bilan largement positif, ce qui n'est pas le cas. Le catabolisme des acides gras longs alimentaires par les microorganismes du rumen n'est donc pas à exclure, bien que la démonstration *in vivo* n'ait pas encore été apportée. Par contre *in vitro,* on observe un catabolisme des AG longs conduisant à la formation de corps cétoniques. Le catabolisme du palmitate augmente *in vitro* la consommation d'oxygène par l'épithélium du rumen, cette consommation étant, par rapport au régime témoin, maximale avec l'oléate (+ 61 p.100) et le linoléate (+ 57 p.100) (JACKSON *et al.*, 1964 et 1968). Ces résultats ont été confirmés par COOK *et al.* (1967) qui concluent à un effet cétogénique plus important des acides gras en C18 par rapport aux acides gras en C12, C14 et C16.

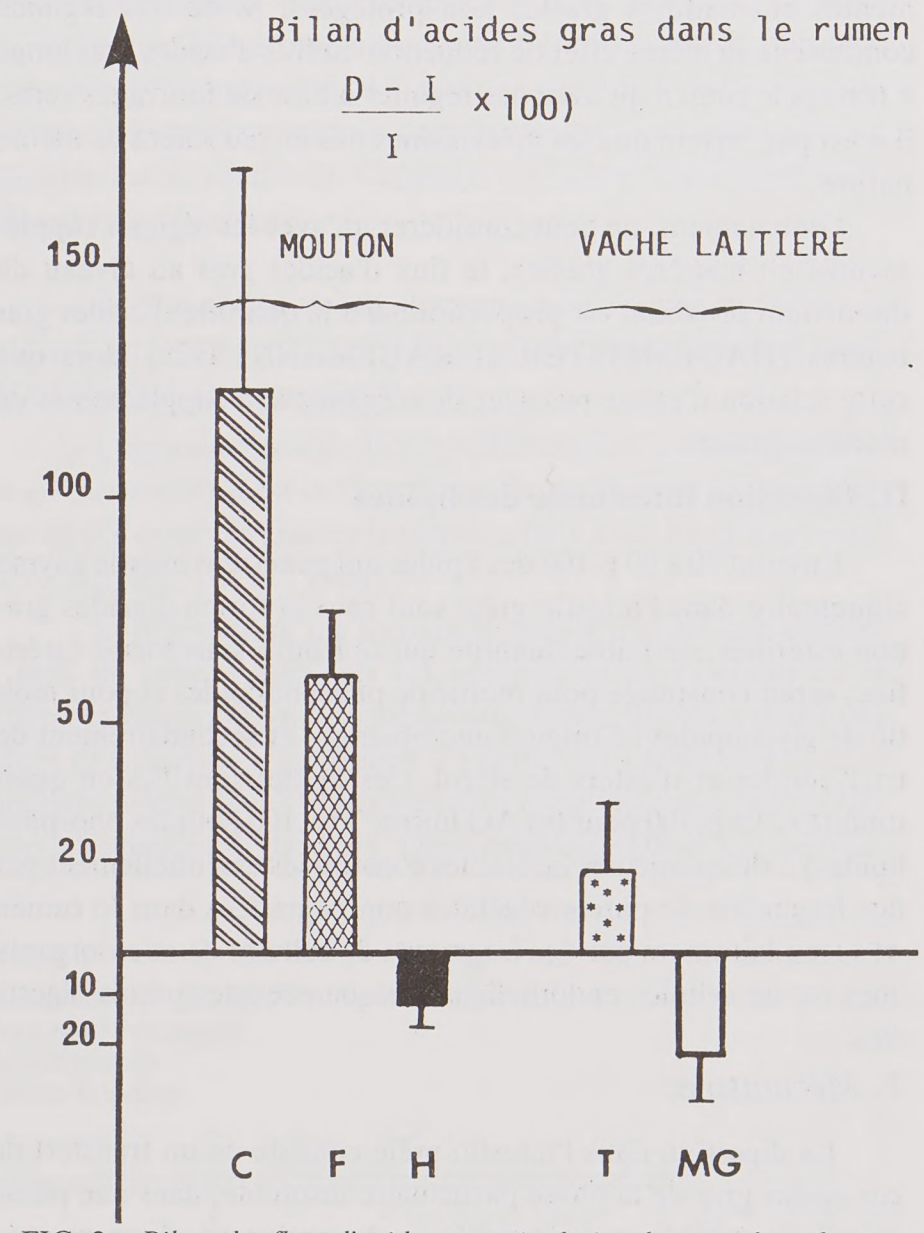


FIG. 2 : *Bilan du flux d'acides gras à chaîne longue dans le rumen* $\left(\frac{D - I}{D} \times 100\right)$ *chez le mouton recevant les régimes C, F, H BAUCHART et PONCET, 1985) et chez la vache laitière recevant les régimes T et MG (BAUCHART, DOREAU, KINDLER, 1985)*

Régimes : C : riche en concentré (70 % de la MS)
F : riche en fourrages secs (80 % de la MS)
H : herbe
T : régime témoin foin (60 %) concentré (40 %)
MG : régime T contenant 10 % de matières grasses

I = quantité d'acides gras ingérés (g / j)
D = flux d'acides gras au niveau du duodénum proximal (g / j)

In vivo, l'existence d'un catabolisme des acides gras longs pourrait être dû non seulement à l'activité de catabolisme oxydatif des cellules épithéliales du rumen, mais également à l'action de la flore bactérienne (associée ou non aux cellules de la paroi) (EMMANUEL, 1978) et éventuellement à celle des protozoaires (EMMANUEL, 1974) bien que leur nombre soit réduit avec les régimes riches en matières grasses.

Le temps de séjour des aliments dans le rumen peut être un facteur de variation du bilan en acides gras. D'après PONCET (comm. pers.), les quelques résultats disponibles semblent indiquer que le temps de séjour le plus court est obtenu avec un régime riche en fourrage vert (plante jeune), qu'il augmente avec un régime riche en fourrage issu de plantes âgées, qu'il est le plus élevé avec un régime riche en aliments concentrés, les régimes riches en fourrages secs ayant un temps de séjour intermédiaire. Par contre, nous n'avons pas présentement des données sur le temps de séjour des particules alimentaires de régimes supplé-

mentés en matières grasses non protégées. Si de tels régimes conduisent au même effet de réduction du flux d'acides gras longs à travers le rumen qu'avec des régimes à base de fourrages verts, il n'est pas certain que les mécanismes mis en jeu soient de même nature.

Globalement, on peut considérer qu'avec les régimes supplémentés en matières grasses, le flux d'acides gras au niveau du duodénum proximal est proportionnel à la quantité d'acides gras ingérés (HAGEMEISTER et KAUFMANN, 1979) alors que cette relation n'existe pas avec des régimes non supplémentés en matières grasses.

II. Digestion intestinale des lipides

Environ 70 à 90 p.100 des lipides qui pénètrent avec le chyme alimentaire dans l'intestin grêle sont sous la forme d'acides gras non estérifiés ; la faible quantité qui se trouve sous forme estérifiée, serait constituée pour moitié de phospholipides et pour moitié de glycolipides (d'origine microbienne) et secondairement de triglycérides et d'esters de stérol. Ces lipides sont liés en quasi totalité (à 95 p.100 pour les AG libres, 70 p.100 pour les phospholipides) à des particules insolubles constituées essentiellement par des fragments de parois végétales non dégradées dans le rumen et secondairement par des fragments de cellules de microorganismes ou de cellules endothéliales desquamées des parois digestives.

1. *Mécanismes*

La digestion dans l'intestin grêle consiste en un transfert de ces acides gras de la phase particulaire insoluble, dans une phase micellaire soluble permettant leur absorption par la muqueuse intestinale. Ce transfert s'opère par une désorption des acides gras et une solubilisation dans des micelles mixtes en présence de sels biliaires et de lysolécithines biliaires. Les sites et les caractéristiques de l'absorption intestinale des lipides comme leurs formes de transport dans le sang ont été décrits préalablement (BAUCHART, 1981).

2. *Acides gras apparemment absorbés et digestibilité des lipides*

Bien que la composition en acides gras des lipides de la lymphe soit similaire à celle des acides gras non estérifiés du contenu duodénal, il existe une relative absorption sélective chez le ruminant (NOBLE, 1978). Le coefficient d'absorption intestinale est le plus élevé pour l'acide oléique (93 p.100) et l'acide palmitique (87 p.100) et un peu plus faible pour l'acide stéarique (83 p.100). L'efficacité d'absorption des acides gras saturés (composés majoritaires chez le ruminant) est donc beaucoup plus élevée que chez le monogastrique (40 p.100 pour l'acide palmitique sous forme libre). Les isomères géométriques de l'acide oléique, tel l'acide transvaccénique, sont mieux absorbés que l'acide oléique lui-même (acide homologue de types cis). Cependant, ces caractéristiques d'efficacité d'absorption par l'intestin grêle chez le ruminant sont fortement influencées par les propriétés physico-chimiques et la teneur des composés non lipidiques de la ration.

Dans le cas des rations enrichies en matières grasses, il n'existe que de très rares résultats de mesures de digestion obtenues chez des animaux porteurs de canule du duodénum proximal (et éventuellement de l'iléon distal) permettant de déterminer des coefficients d'absorption au niveau de l'intestin grêle (tabl. 6). D'après les quelques résultats disponibles, il apparaît que l'absorption des acides gras est d'autant plus élevée que les rations (huile de tournesol protégée : HOGAN *et al.*, 1972 ; matières grasses apportées par du lait : BAUCHART, DOREAU et KINDLER, 1985) apportent des matières grasses facilement accessibles à la lipase pancréatique et à l'action des agents émulsifiants, mais cette absorption régresse lorsque l'accessibilité des matières grasses est plus réduite comme cela semble être le cas avec des régimes contenant des graines de colza écrasées (MURPHY *et al.*, 1984) (tabl. 6).

TABLEAU 6

Coefficient d'absorption apparent des principales familles d'acides gras au niveau de l'intestin grêle chez le ruminant recevant des régimes supplémentés en matières grasses*
(les valeurs figurant entre parenthèses correspondent aux données obtenues avec le régime témoin sans adjonction de lipides)

Origine des matières grasses \ Acides gras	Saturés	Monoinsaturés	Polyinsaturés	Total
(1) Huile de tournesol protégée (M)	68,0 (83,0)	86,5 (76,4)	97,0 (64,0)	83,7 (74,9)
(2) Matières grasses du lait (VL)	86,2 (80,0)	88,8 (84,9)	85,4 (86,8)	86,1 (80,2)
(3) Graine écrasée de colza (VL)	76,6 (93,3)	76,3 (85,7)	80,4 (84,3)	76,6 (91,4)

(1) d'après HOGAN et al, 1972.
(2) d'après BAUCHART, DOREAU et KINDLER, 1982.
(3) d'après MURPHY et al, 1984.

*Coefficient d'absorption apparent : $\frac{D - F}{D} \times 100$; D = flux d'acides gras au niveau du duodénum proximal ; F = quantités d'acides gras émis dans les fèces ; M = mouton ; VL = vache laitière

Par ailleurs, le fait qu'avec les régimes riches en lipides les coefficients d'absorption soient généralement plus élevés que ceux obtenus avec les régimes témoins, peut être lié à l'imprécision de la méthode de mesure. Avec les régimes témoins, les acides gras dont le flux est relativement modeste, sont fortement contaminés par des acides gras endogènes apportés essentiellement par les phospholipides biliaires et les lipides microbiens du gros intestin, entachant ainsi la mesure d'une erreur non négligeable, notamment pour les acides gras polyinsaturés. Par contre, avec les régimes riches en lipides, la contamination devient relativement réduite permettant une mesure d'absorption d'une plus grande fiabilité.

Ces remarques sont également valables pour la digestibilité apparente des lipides. Chez le ruminant, cette mesure est très imprécise et sans grande signification dans le cas de régimes non supplémentés en lipides (elle ne tient pas compte du métabolisme des lipides dans le rumen et notamment de la synthèse microbienne) ; en revanche, elle se révèle intéressante avec des régimes supplémentés en lipides puisque le métabolisme du rumen ne modifie pas fortement les quantités ingérées.

La comparaison des principales valeurs de la digestibilité apparente des lipides obtenues avec différents types de matières grasses ajoutées, est parfois délicate en raison de la méthodologie souvent différente, employée dans le dosage des lipides par les différents auteurs (tabl. 7). Cependant, plusieurs caractéristiques peuvent être dégagées :

- la digestibilité des lipides augmente avec les quantités de lipides ingérés (10 p.100 de la MS), ce qui montre les fortes capacités d'absorption du ruminant ;

- l'augmentation de la digestibilité avec le taux de matières grasses ingérées est indépendante de la nature et (ou) de l'origine de ces matières grasses (exception faite pour les graines écrasées : MURPHY *et al.*, 1984) ;

- la digestibilité est fortement influencée par la nature et le taux de cations divalents (et notamment de calcium) de la ration : la formation de savons de calcium insolubles à partir des acides gras saturés majoritaires à l'entrée du duodénum chez le ruminant, réduit leur absorption, les précipités de savons de calcium s'accumulant dans les fèces (DEVENDRA et LEWIS,

TABLEAU 7

Digestibilité apparente des lipides chez le ruminant (M : Mouton, B : Bœuf, VL : Vache laitière) recevant des régimes supplémentés en matières grasses
(T) : digestibilité avec le régime témoin.
(%) : taux de matières grasses de la ration

Matières grasses	Digestibilité	Ruminant	Références
SUIF	78,8 (T) 91,1 (9,5%),	B	ROBERTS et McKIRDY (1964)
	48,2 (T) 84,6 (10,2%), 85,8 (10,4%) (faible % Ca) (fort % Ca)	M	DEVENDRA et LEWIS (1974)
	46,2 (T) 59,8 (5%), 66,5 (10%), 74,3 (15%)	VL	SHARMA et al (1978)
	74,2 (2%), 73,6-74,6 (8,8%)	VL	MURPHY et GLEESON (1979)
	61,4 (T) 70,4 (6,7%), 72,1 (8,7%)	VL	PALMQUIST et CONRAD (1980)
Suif hydrolysé	55,9 (T) 81,3 (4,5%), 76,4 (4,5%) (savons Ca)	VL	JENKINS et PALMQUIST (1984)
Matières grasses du lait	80,2 (T) 89,0 (9,1%)	VL	BAUCHART, DOREAU et KINDLER (1982)
HARENG huile	77,1 (6,2%)	M	ANDREWS et LIWES (1970)
HEF Matières grasses animale et végétale partiellement hydrolysées	59,9 (T) 78,7 (6%)	B	ESPLIN et al (1963)
	70,8 (6,7%)	M	ANDREWS et LEWIS (1970)
	41,9 (T) 60,6 (5,7%), 58,2 (10,8%)	VL	PALMQUIST et CONRAD (1978)
MAIS Huile	70,3 (7,8%)	M	ANDREWS et LEWIS (1970)
MAIS "	48,2 (T) 86,5 (10,4%), 74,3 (9,8%) (faible % Ca) (fort % Ca)	M	DEVENDRA et LEWIS (1974)
SOJA Huile	78,0 (7,6%)	M	ANDREWS et LEWIS (1970)
SOJA Graine	41,9 (T) 59,6 (5,9%)	VL	PALMQUIST et CONRAD (1978)
COLZA Huile	73,8 (T) 92,2 (10,3%)	B	ROBERTS et McKIRDY (1964)
COLZA Graine	89,9 (T) 84,1 (4,7%), 76,6 (7,1%)	VL	MURPHY et al (1984)
TOURNESOL Huile	73,8 (T) 89,0 (9,4%)	B	ROBERTS et McKIRDY (1964)
TOURNESOL protégée	70,6 (T) 85,7 (9,0%)	M	HOGAN et al (1972)

1974). Une seule exception à cette loi peut être théoriquement mentionnée avec les huiles fortements insaturées (type huiles de tournesol, de maïs ou de soja) ingérées sous forme dite « protégée » qui, même en présence de sels de calcium, conduisent à la formation de savons insaturés de caclium solubles dans le contenu duodénal et donc aisément absorbables par l'intestin.

C. Influence de l'addition de lipides dans la ration sur la digestion dans le rumen et la digestibilité des composants non lipidiques de la ration

I. Fermentation dans le rumen

A partir de la fermentation des glucides et d'autres substrats carbonés d'une part, d'ammoniaque et d'acides aminés d'autre part, la population microbienne du rumen tire l'énergie (ATP), le carbone et l'azote nécessaires à son entretien, sa croissance et sa prolifération. Les gaz (CH_4 et CO_2) et les acides gras volatils (AGV) formés lors de ces fermentations constituent les produits de déchet. La concentration en AGV dans le liquide du rumen, résultant de la production et de l'absorption, augmente pendant les 3 ou 4 premières heures suivant l'ingestion du repas ; elle est très variable d'un régime à l'autre et entre animaux. La composition du mélange d'AGV est plus caractéristique du régime alimentaire. Avec les régimes habituels, l'acide acétique (C_2) est prépondérant : 60 à 70 p.100 face à 15-20 p.100 pour l'acide propionique (C_3) et 10-15 p.100 pour l'acide butyrique (C_4). Le rapport C_2 / C_3, généralement supérieur à 3,5 pour les rations à base de fourrage, tombe souvent en-dessous de 2,5 pour les rations riches en aliments concentrés. Ces modifications dans l'orientation des fermentations traduisent des changements dans la population microbienne du rumen. La production de méthane représente une perte d'énergie égale en moyenne à 8 p.100 de l'énergie brute de la ration ; cette perte d'énergie peut cependant être réduite avec des rations à base d'aliments concentrés ingérés en fortes quantités.

1. *Effets sur la population microbienne*

Comme il a été précisé à l'occasion du chapitre sur le métabolisme des lipides dans le rumen, l'addition de lipides non protégés dans la ration tend à réduire fortement le nombre de protozoaires dans la phase liquide du contenu de rumen chez le mouton (CZERKAWSKI, 1973 ; CZERKAWSKI *et al.*, 1975 ; IKWUEGBU et SUTTON, 1982 ; SUTTON *et al.*, 1983) et la vache (BAUCHART *et al.*, 1985).

Au niveau de la population bactérienne, l'effet semble moins net puisque l'addition de suif ou d'huile de colza chez la vache augmente la quantité de bactéries associées à la phase solide mais réduit celle des bactéries de la phase liquide (BAUCHART *et al.*, 1985). Ce résultat est en accord avec les observations de CZERKAWSKI (1973) et de CZERKAWSKI *et al.* (1975) qui trouvaient que la supplémentation en huile de lin entraînait une réduction de la concentration de DAP (acide diamino pimélique, acide aminé spécifique des bactéries) dans le contenu du rumen. En effet, d'après MERRY et Mc ALLAN (1983), la teneur en DAP des bactéries de la phase solide est environ 2 fois inférieure à celle des bactéries de la phase liquide, ce qui expliquerait donc la baisse de la teneur en DAP du contenu de rumen, consécutive à l'élévation des quantités de bactéries de la phase solide avec des régimes riches en lipides.

L'action des matières grasses sur le faciès bactérien est nette : les acides gras longs, en particulier les polyinsaturés, inhibent *in vitro* la croissance des bactéries cellulolytiques (GALBRAITH et MILLER, 1971 ; MACZULAK *et al.*, 1981) et méthanogènes (HENDERSON, 1973). Cette inhibition peut être levée par la présence de cations divalents, comme le calcium (GALBRAITH et MILLER, 1973), qui se complexent avec les acides gras pour former des savons.

2. *Effets sur les conditions physicochimiques du milieu*

a) Conditions de pH

La plupart des auteurs ne signalent, chez la vache laitière recevant des régimes à base de foin et d'aliment concentré, aucun effet significatif d'une supplémentation en lipides sur la valeur du pH (valeur moyenne 6,4) : huile de carthame (81 p.100 de C18 : 3) (WARMAM *et al.*, 1968 ; RINDSIG et SCHULTZ, 1974), huile de foie de morue (riche en C20 et C22 insaturés) (BEITZ et DAVIS, 1964 ; WARMAM *et al.*, 1968), huile de soja ou suif (McLEOD et BUCHANAN-SMITH, 1972), huile de coton (21 p.100 de C16 : 0) (MOODY et BARNES, 1966) et graine écrasée de colza (MURPHY *et al.*, 1984 ; DOREAU et BAUCHART non publié). Cependant, le pH tend à augmenter avec l'apport d'huile de lin (57 p.100 de C18 : 3 ; 15 p.100 de C18 : 2) (ROBERTSON et HAWKE, 1964 ; CZERKAWSKI, 1973).

b) Acides gras volatils et méthane

L'addition dans l'aliment concentré de matières grasses comme le suif (10 p.100), l'huile de coton (6 à 10 p.100), d'acides palmitique ou stéarique (10 p.100), ou apportées par des graines de colza (4,7 et 7,1 p.100) ne modifie pas la concentration en AGV du jus de rumen (MOORE et STEELE, 1968 ; PALMQUIST et CONRAD, 1980 ; MURPHY *et al.*, 1984). Par contre, une supplémentation de 10 p.100 de C14 : 0 ou de 5 p.100 de C12 : 0 tend à diminuer la teneur totale en AGV (MOORE et STEELE, 1968).

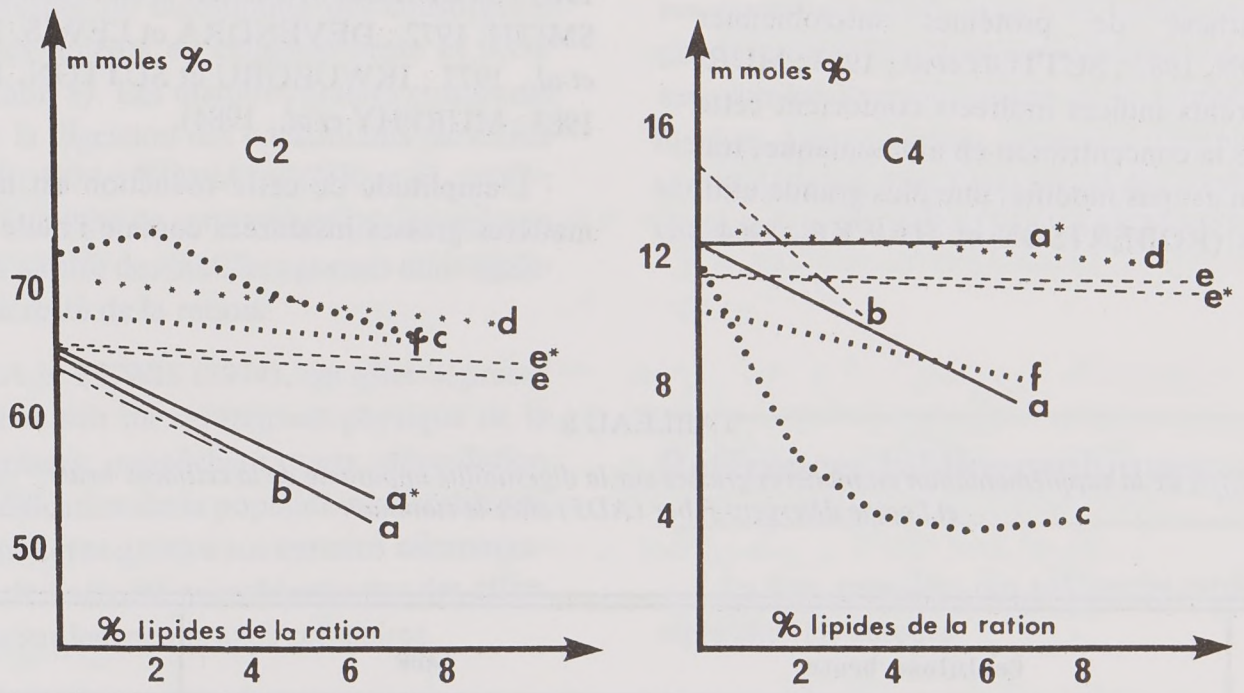
L'addition d'huile fortement insaturée comme l'huile de lin à raison de 3 à 9 p.100 de la matière sèche induit également une légère baisse de la concentration en AGV (CZERKAWSKI *et al.*, 1975 ; SUTTON *et al.*, 1983) ou aucune modification (IKWUEGBU et SUTTON, 1982). Cependant, dans ces conditions alimentaires, l'incubation du jus de rumen de ces moutons en présence d'acétate marqué indique une augmentation de la vitesse de production des AGV. Ce résultat n'est pas forcément incompatible avec la diminution de la concentration en AGV, car il est possible que corrélativement à l'augmentation du taux de production, l'absorption augmente. SUTTON *et al.* (1975) ont calculé également chez le mouton, selon la méthode proposée par NICHOLSON et SUTTON (1969), un taux de production d'AGV supérieur avec un régime supplémenté en huile de foie de morue : 2,63 moles / j contre 2,43 avec la ration de base.

La majorité des résultats publiés chez le mouton ou la vache laitière recevant des régimes supplémentés en matières grasses

très insaturées (type huile de lin, graine de colza) montrent une baisse du rapport acétate + butyrate / propionate, consécutive à l'augmentation de la concentration de propionate au détriment de l'acétate ou du butyrate dont les concentrations restent inchangées ou inférieures (CZERKAWSKI, 1973 ; CZERKAWSKI *et al.*, 1975 ; SUTTON *et al.*, 1983 ; MURPHY *et al.*, 1984). L'intensité de ces variations peut être proportionnelle aux taux de matières grasses de la ration comme dans le cas d'huile de lin distribuée à des moutons (CZERKAWSKI, 1973 ; SUTTON *et al.*, 1975 et 1983) (fig. 3). L'huile de soja riche en acides polyinsaturés semble faire exception puisque la teneur en propionate s'accroît peu (STEELE *et al.*, 1971 ; MICHALET-DOREAU *et al.*, 1985).

De même, une supplémentation en graisses plus saturées et à des doses variables (2 à 10 p.100) comme le suif (JOHNSON et McCLURE, 1972 ; McLEOD et WOOD, 1972 ; STORRY *et al.*, 1973 ; PALMQUIST et CONRAD, 1980), ou les acides C16 : 0 ou C18 : 0 (MOORE et STEELE, 1968) n'influence pas significativement, chez le mouton ou la vache laitière, la proportion des différents AGV. Cependant, l'injection intra-ruminale d'une émulsion de suif à raison de 40, 80 ou 120 g / j chez le mouton recevant du foin de prairie *ad libitum* a diminué la concentration en acétate ($P < 0,05$) et augmenté celle du propionate ($P < 0,01$) (KOWALCZYK *et al.*, 1977). Par contre, l'huile de coprah (SUTTON *et al.*, 1983) très saturée conduit à des effets similaires à celles des huiles polyinsaturées (fig. 3).

Finalement, il semble que les graisses saturées (sauf l'huile de coprah) n'influencent que faiblement la concentration totale et les proportions individuelles des AGV. En revanche, une supplémentation en graisses fortement insaturées entraîne, en général, une modification de la concentration totale en AGV et une baisse du rapport acétate + butyrate / propionate, le pH demeurant néanmoins généralement constant.



a : huile de coprah (m)
(SUTTON et al, 1983)

a* : huile de lin (m)
(SUTTON et al, 1983)

b : huile de lin (m)
(SUTTON et al, 1975)

c : huile de lin (m)
(CZERKAWSKI, 1973)

d : huile de soja (v)
(STEELE et al, 1971)

e : suif (v)
(DOREAU et BAUCHART, non publié)

e* : huile de colza (v)
(DOREAU et BAUCHART, non publié)

f : graine de soja (m)
(MICHALET DOREAU et al, 1985)

FIG. 3 : *Evolution* in vivo *des teneurs en acides gras volatils (acides acétique (C2), propionique (C3) et butyrique (C4)) dans le liquide du rumen chez la vache (v) ou le mouton (m) recevant des régimes contenant différentes teneurs en lipides non protégés.*

Les lipides fortement polyinsaturés ont un effet inhibiteur sur la méthanogénèse (VIVIANI, 1970 ; SUTTON *et al.*, 1975). Ainsi, une supplémentation d'huile de lin (8,9 p.100) fait chuter de 25 p.100 la production de méthane (CZERKAWSKI *et al.*, 1966). Avec des acides gras non estérifiés, la baisse est de la même amplitude. Les résultats, également obtenus avec de l'huile de lin par une méthode *in vitro* (CZERKAWSKI, 1973) sont sans doute dus à la compétition dans l'utilisation de l'hydrogène entre les acides gras polyinsaturés soumis à la biohydrogénation microbienne et la production de méthane (CZERKAWSKI et CLAPPERTON, 1983).

Globalement, l'action des acides gras polyinsaturés sur la méthanogénèse est probablement liée d'une part à leur effet inhibiteur direct sur les bactéries méthanogènes, d'autre part à l'action sur la flore cellulolytique, la production de méthane étant fortement liée à celle d'acétate.

c) Métabolisme de l'azote

Bien que les études relatives à l'utilisation de l'azote dans le rumen soient parfois contradictoires, il semble que, le plus souvent, l'addition de matières grasses non protégées augmente l'efficacité de la synthèse de protéines microbiennes (IKWUEGBU et SUTTON, 1982 ; SUTTON *et al.*, 1983 ; MURPHY *et al.*, 1984). Différents indices indirects confortent cette hypothèse : diminution de la concentration en ammoniaque, traduisant, si l'apport azoté n'est pas modifié, une plus grande utilisation pour les synthèses (ROBERTSON et HAWKE, 1964 ; HENDERSON *et al.*, 1977 ; KOWALCZYK *et al.*, 1977) ou accroissement du flux total d'azote (DOREAU et BAUCHART, non publié). Mais d'autres résultats ne mettent pas en évidence de différences de flux d'azote microbien (SUTTON *et al.*, 1975) ou de flux d'azote total (TAMMINGA *et al.*, 1983). Ces résultats sont trop fragmentaires pour qu'il soit possible de définir les conditions d'un accroissement de la synthèse microbienne. Celui-ci pourrait être dû à la réduction du nombre de protozoaires, plus qu'à un accroissement de la vitesse de renouvellement du liquide du rumen, agissant souvent sur le flux d'azote microbien : celle-ci semble rarement modifiée par l'apport de matières grasses (MURPHY *et al.*, 1984 ; DOREAU et BAUCHART, non publié).

II. Digestibilité des constituants non lipidiques de la ration

1. *Matière organique*

La réduction de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique par une supplémentation en lipides a été fréquemment observée (BROOKS *et al.*, 1954 ; CZERKAWSKI, 1966 ; STEELE et MOORE, 1968 ; McLEOD et BUCHANAN-SMITH, 1972 ; DEVENDRA et LEWIS, 1974 ; KOWALCZYK *et al.*, 1977 ; IKWUEGBU et SUTTON, 1982 ; SUTTON *et al.*, 1983 ; MURPHY *et al.*, 1984).

L'amplitude de cette réduction est la plus élevée avec des matières grasses insaturées comme l'huile de soja (McLEOD et

TABLEAU 8

Effet de la supplémentation en matières grasses sur la digestibilité apparente de la cellulose brute et l'acide détergent Fiber (ADF) chez le ruminant

Nature des lipides ajoutés	Cellulose brute	ADF	Auteurs
Suif	31,9 (T) 20,7 (10,2%), 23,9 (10,1%), (0,4% Ca) (1,8% Ca)		DEVENDRA et LEWIS (1974)
Huile de maïs	31,9 (T) 15,5 (10,4%), 25,7 (9,8%) (0,4% Ca) (1,8% Ca)		DEVENDRA et LEWIS (1974)
Huile de lin		66,0 (T) 53,0 (6,7%)	SUTTON et al (1983)
Huile de coprah		66,0 (T) 46,0 (6,7%)	
Graine de colza	64,7(T) 62,1 (4,7%), 59,8 (7,1%)		MURPHY et al(1984)
Suif hydrogéné	71,7 (T) 70,1 (4,4%)	65,3 (T) 62,8 (4,4%)	McLEOD et BUCHANAN-SMITH (1972)
Huile de soja	71,7 (T) 65,6 (5,1%)	65,3 (T) 61,1 (5,1%)	
Suif hydrolysé		51,5 (T=5% suif) 44,9 (5%)	JENKINS et PALMQUIST (1981)
sels de Ca des acides gras du suif		51,2 (T=5% suif) 49,6 (5%)	
Huile de colza	66,5 (T) 64,5 (5 %) 66,7 (10 %)		DOREAU, BAUCHART, LEGAY CARMIER (en préparation)
Suif	66,5 (T) 63,4 (10 %)		

BUCHANAN-SMITH, 1972) ou l'huile de lin (SUTTON *et al.*, 1983) et les acides gras non estérifiés par rapport aux triglycérides (CZERKAWSKI, 1966 ; McLEOD et BUCHANAN-SMITH, 1972).

Cette réduction n'est pas systématique : ainsi VAN DER HONING *et al.* (1981), JENKINS et PALMQUIST (1984), DOREAU et BAUCHART (non publié) n'ont observé aucune variation de digestibilité, essentiellement avec des lipides pauvres en acides gras polyinsaturés. Il semble que les vaches, sur lesquelles ces essais ont été réalisés, soient moins sensibles que les moutons à l'apport de lipides.

L'addition d'huile de lin ou de coprah à la ration des moutons diminue de 40 p.100 la quantité de matière organique apparemment digérée dans le rumen (KNIGHT *et al.*, 1978). Cependant, la comparaison au témoin est délicate puisque des lipides digérés essentiellement dans l'intestin sont substitués à des glucides digérés en grande partie dans le rumen.

2. *Parois végétales*

Une meilleure appréciation de l'effet des matières grasses peut être fourni par la mesure de digestibilité des constituants pariétaux exprimée par les teneurs en cellulose brute et ADF (Acid Detergent Fiber) (tabl. 8). Les matières grasses entraînent souvent une réduction de la digestion des constituants pariétaux (DEVENDRA et LEWIS, 1974 ; KOWALCZYK *et al.*, 1977 ; SUTTON *et al.*, 1983). L'intensité de cette réduction dépend non seulement du taux et de la nature des matières grasses mais également de la composition du reste de la ration.

D'après DEVENDRA et LEWIS (1974), cet effet dépressif pourrait avoir pour origines soit un revêtement physique de la fibre par les matières grasses, empêchant toute dégradation microbienne, soit une modification de la population microbienne due à l'effet toxique des matières grasses sur certains microorganismes, ou une inhibition de l'activité microbienne par des effets tensioactifs des acides gras sur les membranes cellulaires.

La dépression de la digestibilité des composés pariétaux peut être réduite en augmentant la proportion de fourrage dans la ration, ce qui entraînerait une « dilution » du revêtement des fibres par les matières grasses (DEVENDRA et LEWIS, 1974) mais surtout en fournissant un supplément minéral comme le calcium (WHITE *et al.*, 1958 ; DAVISON et WOOD, 1961 ; DEVENDRA et LEWIS, 1974 ; JENKINS et PALMQUIST, 1980, 81 et 82). Un excès de calcium est à éviter : en effet, si l'apport de calcium est ajusté à 1,8 au lieu de 0,4 p.100 de la ration chez le mouton recevant 10 p.100 de lipides sous forme de suif ou d'huile de maïs, la digestibilité de la cellulose est améliorée de 20 à 66 p.100, mais celle des lipides chute de 15 à 37 p.100 en raison d'une formation excessive de savons de calcium insolubles non assimilables dans l'intestin grêle.

En conclusion, l'apport de matières grasses dans la ration du ruminant peut entraîner une diminution de la digestibilité, en particulier des parois végétales, une orientation des fermentations du rumen vers la production d'acide propionique, facteur peu favorable à la synthèse de matières grasses du lait. Ces effets sont d'autant plus sensibles que le taux d'incorporation des matières grasses est élevé, et que les lipides sont riches en acides gras polyinsaturés. Certaines conséquences bénéfiques restent à préciser, comme l'accroissement de la synthèse de protéines microbiennes. Les conditions optimales d'emploi des matières grasses seront définies, dans l'état actuel des connaissances, dans un prochain article (DOREAU et BAUCHART, en préparation).

Références bibliographiques

La liste complète des références bibliographiques est disponible chez les auteurs.

Sécheresse 1985

Au Sud de la Loire, de nombreuses régions subissent actuellement une sécheresse aussi sévère voire même plus sévère qu'en 1976. Pour l'illustrer, nous citerons les précipitations (en mm par décades) relevées au Centre INRA de Theix (850 m) durant la fin du printemps et l'été de ces deux années.

	MAI			JUIN			JUILLET			AOUT			SEPTEMBRE			
	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	1-10	10-20	20-30	Total
1976	22,4	36,2	9,4	0,8	0	20,6	8,6	47,8	4,8	23,0	17,2	46,2	32,8	54,0	38,0	361,8
											171 mm					
1985	48,6	42,8	63,1	35,3	39,2	15,3	1,7	9,2	7,4	5,0	3,7	1,9	3,4	1,1	1,8	279,5
											35,2mm					

La sécheresse de 1985 diffère de celle de 1976 par le fait qu'elle a démarré plus tardivement mais qu'elle n'est toujours pas terminée alors que les pluies abondantes qui étaient survenues à la mi-août, avaient permis il y a 9 ans une repousse « explosive » d'automne et la mise en place de cultures dérobées pour reconstituer en partie le stock fourrager hivernal, largement entamé durant l'été.

Depuis le 1er ou le 15 septembre de cette année, de nombreux éleveurs ont été contraints à alimenter leurs animaux à partir de leurs réserves hivernales et il est certain, maintenant, que ces réserves devront, à elles seules, assurer l'alimentation de base du troupeau jusqu'au printemps 1986. En outre, la plupart des regains ont été pâturés en ce début d'automne au lieu d'être fanés de sorte que le stock de fourrages conservés apparaît déjà insuffisant pour passer un hiver normal. Quelles solutions peuvent donc être proposées pour « tenir » jusqu'au printemps ?

Il convient dès maintenant :

- *d'utiliser au mieux tous les sous-produits* utilisables en cette période en particulier les cannes de maïs après récolte du grain. Ces cannes peuvent être :

. soit pâturées, mais la durée d'exploitation risque d'être interrompue pour des problèmes de portance du sol s'il se mettait enfin à pleuvoir ;

. soit ensilées. Il convient alors de les récolter le plus rapidement possible après la récolte du grain (car elles se dessèchent très vite et les difficultés d'ensilage augmentent) sans y incorporer de terre comme le permet le temps sec actuel.

Dans certains secteurs, on pourra utiliser les co-produits des industries agro-alimentaires disponibles localement.

- *d'envisager dès maintenant de diminuer la part des fourrages conservés classiques* dans la ration de base hivernale des différentes catégories d'animaux :

. soit en remplaçant une partie de ces fourrages par des aliments concentrés ou des co-produits comme les pulpes de betteraves ;

. soit en substituant de la paille à une partie de ces fourrages et en couvrant le déficit énergétique qui en résulte par des concentrés. Cette paille peut être normale ou traitée à l'ammoniac, l'intérêt essentiel de ce traitement étant surtout d'augmenter les quantités ingérées par les animaux. Il faut prévoir cette substitution dès maintenant car les régimes mixtes associant paille et foin ou ensilage sont beaucoup plus faciles d'emploi que les régimes « tout pailles + aliments concentrés, même s'ils sont théoriquement possibles, du moins pour les animaux à faibles besoins ; si par ailleurs on envisage d'utiliser le traitement à l'ammoniac, celui-ci doit être rapidement mis en place pour profiter des températures moins élevées, celles-ci conditionnant alors la rapidité et l'efficacité du traitement.

Pour aider nos lecteurs à approfondir ces solutions et à préparer des rations compatibles avec la capacité d'ingestion et les besoins des animaux, nous leur signalons les documents suivants :

- Alimentation des ruminants en période de sécheresse. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **25,** 65-89, écrit à la suite de la sécheresse de 1976 mais qui reste encore valable pour beaucoup de solutions proposées.

Ce document a d'ailleurs été très utilement complété par un certain nombre **de fiches du RNED bovin** qu'il est possible de se procurer auprès de l'ITEB. Maison des Eleveurs - 149, rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12.

Ces fiches ont été diffusées :

- dans les numéros 141 (juillet 1984) et 146 (janvier 1985) de la revue de l'*Elevage Bovin*.
- dans les dossiers techniques de la SCPA. *Elevage,* **33.**

Elles sont très récentes et font le point des connaissances actuelles sur la composition, la valeur nutritive, les précautions d'emploi, les quantités recommandées des principaux sous-produits de culture ou des industries agro-alimentaires et donnent des exemples de rations. Elles sont donc très complètes, tout en étant très synthétiques.

Pour ceux qui désireraient trouver des données sur d'autres sous-produits ne figurant pas dans ces fiches (il y en a très peu) ou des données plus détaillées sur ceux y figurant déjà, nous donnons ci-après une liste d'articles de vulgarisation qui pourront être consultés.

CHENOST M., 1985. Valeur alimentaire des pailles traitées à l'ammoniac. Principes d'utilisation. Journée ACAFF du 19.2.85.

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des sous-produits de la culture du maïs. *BTI,* **343-344,** 411-420.

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des feuilles et collets de betteraves sucrières. *BTI,* **343-344,** 383-388.

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des pellicules d'oléagineux. *BTI,* **343-344,** 375-381.

DEMARQUILLY C., 1979. Valeur nutritive et utilisation des drèches de brasserie. *BTI,* **343-344,** 389-393.

DULPHY J.P., 1979. Valeur alimentaire des pailles traitées ou non. *BTI,* **341-342,** 319-336.

DULPHY J.P., PETIT M., 1979. Utilisation des pailles de céréales par des ruminants. *BTI,* **341-342,** 337-349.

DULPHY J.P., 1982. La paille : une ressource lors des étés secs. *Elev. Bovin, Ovin, Caprin,* n° juillet, 35-43.

DULPHY J.P., BONY J., 1983. Influence de la nature de l'aliment complémentaire sur les performances de génisses recevant de la paille ordinaire ou traitée à l'ammoniac. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **52,** 37-41.

DULPHY J.P., BOISSAU J.M., LEBLANC F., 1984. Influence du traitement à l'ammoniac sur la valeur alimentaire de pailles distribuées à des génisses. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **55,** 25-32.

HODEN A., JOURNET M., MARQUIS B., 1979. Les aliments liquides : possibilités offertes par l'utilisation des sous-produits industriels. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **36,** 15-18.

HODEN A., 1981. Utilisation des pailles de céréales par les génisses d'élevage. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **44,** 13-16.

REMOND B., MARQUIS B., HODEN A., JOURNET M., 1978. Utilisation du lactosérum par les vaches laitières. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **33,** 53-59.

THIVEND P., 1983. Utilisation des boues de laiterie dans l'alimentation des ruminants. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA,* **52,** 15-18.

Sommaire des publications des chercheurs du centre parues dans les annales de l'I.N.R.A.

(2ème semestre 1984)

J.P. DULPHY, Brigitte MICHALET-DOREAU et C. DEMARQUILLY : Etude comparée des quantités ingérées et du comportement alimentaire et mérycique d'ovins et de bovins recevant des ensilages d'herbe réalisés selon différentes techniques. *Ann. Zootech.*, 1984, **33** (3), 291-320.

Vingt ensilages d'herbe, préparés selon différentes techniques à partir de 10 fourrages verts, ont été distribués à des moutons et à des génisses durant la période hivernale. Les mesures effectuées concernent les quantités ingérées, le comportement alimentaire et la rumination.

Les génisses ont ingéré certains ensilages en quantité équivalente aux fourrages verts, ce qui n'a pas été le cas pour les moutons. Elles sont en outre moins sensibles que ces derniers à l'allongement des brins d'ensilage.

Les paramètres qui expliquent le mieux les variations de quantités ingérées d'une espèce animale à l'autre sont la durée unitaire d'ingestion et la quantité ingérée par grands repas.

Lorsque la longueur des brins d'ensilage est accrue, la durée unitaire d'ingestion augmente seulement chez les moutons. En revanche, la baisse de la qualité de conservation des ensilages fait diminuer nettement la quantité ingérée par grands repas chez les génisses seulement.

Lorsque les animaux reçoivent des ensilages à brins courts bien conservés, les quantités ingérées par jour (en g/kg $P^{0,75}$), les durées unitaires d'ingestion et de rumination, ainsi que la durée des grands repas sont très comparables entre moutons et génisses. La réaction comportementale des moutons à la finesse de hachage est indépendante de leur poids vif et du stade de récolte de l'ensilage.

En fin de compte, l'ensemble des résultats obtenus montrent bien :

— la moins grande sensibilté des bovins par rapport aux ovins à la finesse de hachage,

— la plus grande sensibilté des bovins à la qualité de conservation,

— l'ingestion par les moutons de quantités de matière sèche plus faibles, sous forme d'ensilage à brins courts, même très bien conservés, que de fourrage vert.

J.P. DULPHY, A. KOMAR et P. ZWAENEPOEL : Effets comparés des traitements à l'ammoniac et à la soude sur la valeur alimentaire de fourrages pauvres. *Ann. Zootech.*, 1984, **33** (3), 321-342.

Dans 3 essais avec des fourrages pauvres (un foin de graminées tardif, une paille de blé et une paille de riz) nous avons comparé les effets d'un traitement à la soude avec ceux d'un traitement à l'ammoniac anhydre. Le traitement à l'ammoniac (40 g de NH_3/kg de fourrage) a été effectué en tas, à l'extérieur, sous bâche hermétique, au mois d'août. Le traitement à la soude était effectué 48 heures avant la distribution aux animaux par un procédé semi-humide (2,5 l de solution à 16 g de soude par litre pour chaque kg de fourrage).

Les fourrages non traités et traités ont été distribués de la façon suivante à des moutons normaux :

— fourrage non traité, à volonté ;

— fourrage traité à l'ammoniac, à volonté ;

— fourrage traité à la soude, à volonté ;

— fourrage traité à l'ammoniac, en quantité limitée proche de celle du fourrage non traité ;

— fourrage traité à la soude, en quantité limitée également (pour la paille de riz seulement).

La paille de blé a, en outre, été distribuée à des animaux fistulisés du rumen et selon les 5 modalités décrites ci-dessus.

La paille de blé et celle de riz ont été complémentées en énergie et azote. Avec celle de riz on a aussi comparé l'influence des deux types d'aliment concentré (maïs-grain ou pulpe de betterave).

Le traitement à l'ammoniac a augmenté la teneur en matières azotées totales (MAT) des trois fourrages, surtout pour le foin (+ 87g/kg de MS pour ce dernier). Cependant, pour la paille de blé, la teneur en MAT n'a atteint que 85 g/kg de MS, ce qui est un peu faible.

Les deux traitements ont augmenté nettement l'ingestibilité des fourrages étudiés, de façon comparable pour le foin et la paille de blé (+ 37 p. 100 en moyenne). Pour la paille de riz le traitement à la soude a été plus efficace (+ 62 contre + 31 p. 100).

Les deux traitements ont augmenté la digestibilité de la matière organique (+ 8,9 points pour l'ammoniac et + 9,8 points pour la soude), surtout pour les pailles et, dans ce cas, la soude a été plus efficace que l'ammoniac. Le remplacement du concentre « maïs » par celui à base de pulpe a eu peu d'effet sur les digestibilités de la paille de riz traitée ou non à l'ammoniac.

Le traitement à l'ammoniac a augmenté fortement la teneur en matières azotées non digestibles des fourrages (+ 22 g/kg MS). De même, le concentré « maïs » a augmenté légèrement cette teneur par rapport au concentré « pulpe ». Par contre, la rétention d'azote par les animaux a été plus élevée, pour la ration à base de paille de blé, lorsque celle-ci avait été traitée à la soude.

Pour cette ration, à base de paille de blé, la concentration en acides gras volatils dans le rumen a été plus élevée avec le traitement à la soude que celui à l'ammoniac (88 contre 78 mmoles/litre). A l'inverse, celle en NH_3 a été la plus élevée avec la paille traitée à l'ammoniac (25 mg/100 ml), sans que les concentrations soient dangereuses, et la plus faible avec la paille traitée à la soude (12 mg/100 ml).

Les traitements de la paille, surtout celui à l'ammoniac, ont abaissé l'activité cellulolytique de la microflore ruminale des moutons.

Tous ces résultats sont discutés. Malgré une très légère infériorité par rapport au traitement à la soude au niveau de la valeur alimentaire, le traitement à l'ammoniac permet une amélioration notable des fourrages pauvres. La question de la valeur azotée des fourrages traités ainsi demeure cependant posée ainsi que le problème de la signification de la faible activité cellulolytique induite par leur ingestion.

K.G. KOUAME, J.L. TROCCON, P. PATUREAU-MIRAND, M. JOURNET et R. PION : Nutrition des veaux au cours du sevrage. I. Evolution de la consommation d'aliments et des concentrations sanguines de divers métabolites énergétiques. *Ann. Zootech.*, 1984, **33** (4), 427-444.

L'évolution de l'état de nutrition énergétique pendant les 2 à 4 semaines qui précèdent un sevrage réalisé à 6 semaines ainsi que pendant les 3 semaines qui le suivent, est étudiée chez 16 veaux femelles de type pie noir. La quantité d'aliment d'allaitement distribué est réduite progressivement au début de chacune des 2 dernières semaines d'allaitement. Quatre aliments concentrés sont offerts dès le début de l'expérience aux animaux répartis en 4 lots (A et B dans l'essai 1, C et D dans l'essai 2). Ces aliments concentrés, à base d'orge, de tourteau d'arachide et d'urée (aliments A et B) ou d'orge et d'urée (aliments C et D), sont isoénergétiques (4,27 kcal/g de matière sèche). Dans les aliments B et D, une fraction de l'orge est remplacée par un mélange de tourteaux de colza et de soja traités au formaldéhyde. Les teneurs en matières azotées totales de ces aliments sont : 16,4 ; 20,4 ; 14,8 et 17,4 gN × 6,25 p. 100 g de matière sèche, pour les aliments A, B, C et D respectivement. Le foin est distribué en quantité limitée. Les quantités ingérées d'aliment, le poids vif des animaux, leur glycémie et leurs teneurs plasmatiques en acétate, β hydroxybutyrate et acides gras non estérifiés sont mesurés.

Les quantités ingérées de matière sèche d'aliments solides augmentent rapidement au cours du sevrage. Le gain de poids vif diminue après réduction ou suppression de la distribution de l'aliment d'allaitement puis augmente modérément. Il est significativement relié aux variations de la quantité d'énergie métabolisable ingérée. L'apport d'un supplément protéique traité au formaldéhyde est sans effet sur les quantités ingérées ou le gain de poids vif des animaux.

La glycémie diminue lorsque l'apport d'aliment d'allaitement est réduit puis supprimé ; les teneurs plasmatiques en acétate et β hydroxybutyrate augmentent fortement après le sevrage ; celles en acides gras non estérifiés sont plus élevées avant le sevrage qu'après mais présentent des accroissements temporaires dans les 1 ou 2 jours suivant la réduction ou la suppression de la distribution d'aliment d'allaitement. Ces résultats permettent de mieux définir la période de sous-nutrition énergétique associée au sevrage précoce des jeunes ruminants.

K.G. KOUAME, P. PATUREAU-MIRAND, J.L. TROCCON, J. PRUGNAUD, M. JOURNET et R. PION : Nutrition des veaux au cours du sevrage. II. Quelques aspects de l'utilisation digestive et métabolique des protéines. *Ann. Zootech.*, 1984, **33** (4), 445-466.

L'évolution de l'état de nutrition azotée pendant les semaines qui précèdent ou suivent immédiatement le sevrage des 16 veaux femelles des 2 essais décrits précédemment (KOUAME *et al.*, 1984) est étudiée par l'examen des variations des teneurs en urée et acides aminés libres du sang. Ces animaux sont sevrés à 6 semaines et reçoivent *ad libitum* dès le début de chaque essai des aliments concentrés différant par leur teneur en matières azotées (p. 100 de la matière sèche : 16,4 et 20,4 pour les aliments A et B de l'essai 1 ; 14,8 et 17,4 pour les aliments C et D de l'essai 2). Des informations complémentaires sur l'évolution de la digestion ruminale et intestinale pendant cette période ont été recherchées au cours de l'essai 2 par l'analyse de la composition en acides aminés des contenus de duodénum et des fèces de 2 veaux munis d'une canule simple du duodénum.

Le sevrage modifie profondément la composition en acides aminés des contenus du duodénum de ces 2 veaux ; elle tend à se rapprocher de celle des bactéries du rumen après le sevrage alors qu'elle est voisine de celle du lait avant. Parmi les protéines de l'orge, les hordéines paraissent particulièrement dégradées dans les estomacs ; en revanche, les protéines du mélange de tourteaux traités au formaldéhyde semblent peu dégradées et augmentent la fourniture d'acides aminés à l'organisme. L'urémie qui varie peu jusqu'à une semaine après le sevrage, diminue par la suite ; elle est plus élevée chez les animaux qui ingèrent les aliments concentrés les plus riches en matières azotées ; ses variations dépendent des quantités de PDI et énergie métabolisable ingérées. Les teneurs en acides aminés indispensables du sang diminuent pendant la période du sevrage, à l'exception de celles en valine et isoleucine. Elles sont généralement plus élevées chez les animaux qui consomment les aliments concentrés les plus riches en protéines. Les teneurs sanguines en lysine, méthionine, leucine et tyrosine libres paraissent être très étroitement liées au flux de ces composés dans l'intestin et à la quantité d'énergie métabolisable ingérée. La lysine et la méthionine semblent être les principaux acides aminés limitants pendant cette période. Les teneurs sanguines en proline et glycine libres varient au cours du sevrage dans le même sens que les concentrations de ces composés dans les contenus de duodénum.

H. GUERIN et J.P. DULPHY : Influence de l'apport complémentaire de maïs, de pulpe de betterave ou de mélasse sur la valeur alimentaire d'un foin. *Ann. Zootech.*, 1984, **33** (4), 509-532.

Nous avons étudié, sur des moutons, l'influence de la nature du complément sur la digestibilité d'un foin et sur le taux de substitution entre l'aliment concentré complémentaire et ce foin.

Dans un premier essai nous avons constaté que le taux de substitution a été le plus élevé pour la mélasse, et le plus faible pour la pulpe. Le remplacement d'une partie du complément énergétique par du tourteau de soja a fait baisser ces taux de substitution.

La digestibilité du foin a été diminuée par le maïs, mais elle est restée proche de celle du foin sans complément en présence de mélasse. Le remplacement d'une partie du complément par du tourteau a diminué les écarts de digestibilité entre foin seul et foin plus complément.

Dans deux petits essais annexes nous avons observé que l'augmentation de la proportion de concentré avait tendance à faire diminuer la digestibilité du foin.

L'enregistrement des activités d'ingestion et de rumination des animaux a montré que l'apport de mélasse avant la distribution du foin perturbait l'ingestion de ce dernier (repas plus court, ingestion plus lente, rumination retardée) probablement à cause d'une chute brutale de pH dans le rumen après l'ingestion de mélasse, et peut-être de l'augmentation de la proportion d'acide propionique qu'elle entraîne.

La vitesse de digestion du foin a été diminuée par l'ingestion de maïs, ce qui doit expliquer la plus faible digestibilité du foin en présence de ce complément.

A. SAFWATE, Marie-Jeanne DAVICCO, M. DALLE, J.P. BARLET : Electrolyte balance, mode of delivery and plasma aldosterone levels in newborn lambs. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1984, **24** (4), 351-360.

L'aldostéronémie, la natrémie, la kaliémie, l'ingestion et l'excrétion urinaire et fécale de sodium et de potassium ont été mesurées pendant la première semaine postnatale chez 9 agneaux nés spontanément à terme (145 jours de gestation) et chez 10 agneaux délivrés par césarienne, dont 6 au 145e jour et 4 au 139e jour de gestation.

L'aldostéronémie, la natrémie et la kaliémie n'ont pas présenté de variations significatives pendant la période expérimentale. Il n'y avait pas de différences concernant ces trois paramètres entre les trois lots d'agneaux.

Les balances sodée et potassique étaient toujours positives chez les agneaux nés spontanément, alors qu'elles étaient négatives le 4e et le 6e jour postnatal chez ceux nés

par cesarienne au 145e et au 139e jour de gestation respectivement. Ces balances négatives résultaient probablement d'une ingestion plus faible de lait (donc de sodium et de potassium) chez les 10 agneaux nés par césarienne que chez les 9 témoins. En effet, la diurèse et l'excrétion urinaire de ces éléments étaient plus faibles chez les premiers que chez les seconds, alors que la natriurie et la kaliurie n'étaient pas différentes chez les 3 lots. Nous n'avons pu mettre en évidence aucune relation entre l'aldostéronémie et les paramètres du métabolisme du sodium et du potassium que nous avons étudiés.

Y. CHILLIARD, D. BAUCHART, J. BARNOUIN : Determination of plasma non-esterified fatty acids in herbivores and man : a comparison of values obtained by manual or automatic chromatographic, titrimetric, colorimetric and enzymatic methods. *Reprod. Nutr. Dév.*, 1984, **24** (4), 469-482.

Les teneurs en acides gras non estérifiés ont été mesurées dans le plasma ou le sérum de vache, de chèvre, de jument et humain, et dans des solutions de sérum albumine bovine, par chromatographie sur couche mince puis gaz-liquide, ainsi que par six méthodes chimiques et deux méthodes enzymatiques (manuelle et automatique). Les méthodes chimiques sont les combinaisons de deux méthodes d'extraction (isopropanol-heptane et acide silicique-éther di-isopropylique) et de trois méthodes de dosage (titrimétrie et colorimétrie utilisant le rouge de phénol ou les savons de cuivre). Les corrélations entre les 9 méthodes sont élevées, mais il faut souligner que les droites de régression entre méthodes sont parfois différentes de la bissectrice et qu'il existe des effets liés à l'espèce. La présence éventuelle de substances interférentes, ou l'influence possible des différences de composition en acides gras des AGNE selon les espèces sont discutées. En définitive, le choix d'une méthode de dosage rapide dépend essentiellement de considérations pratiques à condition que cette méthode soit correctement étalonnée pour l'espèce étudiée. Le dosage enzymatique automatique semble être une méthode de choix pour des analyses de routine.

G. AUMONT, P. YVORE et A. ESNAULT : Experimental coccidiosis in goats. 1. Experimental model. Effects of parasitism on the feeding behaviour and the growth of animals : intestinal lesions. *Ann. Rech. vet.*, 1984, **15** (4), 467-473.

COCCIDIOSE EXPÉRIMENTALE CHEZ LA CHÈVRE. MODÈLE EXPÉRIMENTAL. INFLUENCE DU PARASITISME SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET LA CROISSANCE DE L'ANIMAL; LÉSIONS INTESTINALES. — L'infestation expérimentale de caprins, placés en cage à digestibilité, par trois espèces de coccidies (*Eimeria ninakohlyakimovae, E. arloingi, E. christenseni*) a permis d'obtenir un développement parasitaire important et durable. Ce développement n'entraîne pas nécessairement de symptômes cliniques et on note plutôt de la constipation que de la diarrhée. La consommation alimentaire est réduite et s'accompagne d'un ralentissement de la croissance. Un phénomène de compensation apparaît au niveau du comportement alimentaire, les animaux choisissant les aliments les plus digestibles.

Reproduction, même partielle, interdite sans autorisation des auteurs
et de l'Institut national de la Recherche agronomique

Directeurs de la Publication : C. MALTERRE et A. HODEN

I.N.R.A. Publications - Route de St-Cyr - 78000 Versailles
Dépôt légal : 4ème trimestre 1985
N° C.P.P.A.P. : 573 ADEP